Les technologies de pointe au Canada :

analyse des données récentes sur leur utilisation

Les technologies de pointe au Canada : *analyse des données récentes sur leur utilisation*

D. G. McFetridge

1992

Les résultats de cette étude sont l'entière responsabilité de l'auteur et n'engagent en aucune façon les organismes qui parrainent sa parution.

93-01372/

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1992

Tous droits réservés. On ne peut reproduire aucune partie du présent ouvrage, sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit (électronique, mécanique, photographique) ni en faire une photocopie, une reproduction ou un enregistrement sur support magnétique ou autre sans autorisation écrite préalable du ministre d'Approvisionnements et Services Canada.

ISBN 0-660-93942-8
No de cat. MAS EC22-189/1992F

En vente au Canada par l'entremise de nos
agents libraires agréés ou par la poste auprès du :
Centre d'édition du gouvernement du Canada
Ottawa (Canada) K1A 0S9

Coordonnateur de l'édition : Ampersand Communications Inc.
Conception de la page couverture : Brant Cowie/ArtPlus Limited
Traduction française : Société Gamma Inc.

Imprimé au Canada

Données de catalogage avant publication (Canada)

McFetridge, D. G., 1945-

Les technologies de pointe au Canada : analyse
des données récentes sur leur utilisation

Publ. aussi en anglais sous le titre : Advanced technologies in Canada
ISBN 0-660-93942-8
No de cat. MAS EC22-189/1992F

1. Innovations -- Aspect économique -- Canada.
2. Canada -- Industries -- Innovations.
I. Conseil économique du Canada. II. Titre.

HD45.M5314 1992 338'.064'0971 C92-099744-9

Table des matières

Avant-propos *vii*

I **Introduction** 1

II **Technologies manufacturières de pointe** 2

III **Données sur l'utilisation des technologies de pointe au Canada** 2

Études canadiennes récentes sur la diffusion des technologies de pointe 2

Facteurs liés à l'adoption des technologies de pointe 6

Modélisation des facteurs déterminant l'utilisation des TMP 8

Déterminants de l'utilisation des TMP : résultats statistiques 15

Répercussions de l'analyse statistique de l'enquête canadienne sur les TMP 26

Suggestions d'amélioration du modèle 30

IV **Utilisation des technologies de pointe au Canada dans un contexte international** 32

Données existantes 32

Comparaison de l'utilisation des TMP au Canada et aux États-Unis : résultats statistiques 34

Comparaison Canada-États-Unis dans une perspective élargie 37

Sources des différences de taux d'adoption au Canada et aus États-Unis 42

Interprétation des différences d'utilisation des TMP observées entre le Canada et les États-Unis 49
Répercussions pour les décideurs publics 54

Notes 59

Annexe 63

Bibliographie 65

Avant-propos

Cette étude fait partie d'une série de plusieurs travaux commandés par le Conseil économique du Canada dans le cadre d'un projet de plus grande envergure consacré à la compétitivité et à la performance commerciale. Le projet a pour but, dans ses grandes lignes, d'étudier les raisons pour lesquelles l'industrie canadienne a affiché des performances aussi médiocres au cours des vingt dernières années et de les comparer à celles d'autres pays industrialisés ou nouvellement industrialisés. Les études révèlent que le Canada perd graduellement du terrain par rapport à ses partenaires commerciaux, ce qui compromet le niveau de vie futur des Canadiens. Ce projet fournit également de précieux renseignements sur les rétroactions entre le monde microéconomique de l'entreprise, d'une part, et les notions macroéconomiques d'inflation et de taux de change, d'autre part. Sa principale conclusion est que les Canadiens n'ont pas réagi suffisamment vite ni assez vigoureusement aux défis qui se dessinent sur les marchés internationaux. Les conclusions du Conseil ont été publiées en février 1992 dans un exposé intitulé *Agir ensemble: Productivité, innovation et commerce*.

Les changements techniques ne permettent d'améliorer la productivité globale et le revenu réel des Canadiens que s'ils connaissent une large diffusion au sein de chaque industrie et dans les différents secteurs. Le professeur McFetridge a été chargé de deux missions dans cette étude : premièrement, déterminer les caractéristiques des entreprises utilisant des technologies de pointe au Canada; et deuxièmement, comparer le rythme d'adoption des technologies manufacturières de pointe dans des secteurs choisis au Canada et aux États-Unis. Les résultats de cette étude confirment les constatations que présentait le Conseil dans un rapport de 1983 (Les enjeux du progrès) : les nouvelles technologies sont introduites et diffusées plus lentement au Canada qu'aux États-Unis. Les usines canadiennes sont également moins susceptibles de mettre en oeuvre des techniques de pointe, et celles qui le font recourent généralement à un moins grand nombre de technologies nouvelles.

La situation a cependant ceci de particulièrement préoccupant que les États-

Unis accusent eux-mêmes un net retard sur le Japon et l'Allemagne dans l'adoption de technologies manufacturières de pointe.

Le Conseil économique ayant cessé ses activités en juin 1992, cette étude est publiée par le Groupe communication Canada.

Le professeur McFetridge enseigne actuellement au Département d'économie de l'Université Carleton, à Ottawa. Il a publié de nombreux articles sur les questions de politique économique et de politique canadienne, tout en exerçant des fonctions de conseiller auprès de divers gouvernements. J'aimerais également faire état de la contribution de Statistique Canada et d'Industrie, Sciences et Technologie Canada à la réalisation de cette étude.

Judith Maxwell
présidente
Conseil économique du Canada

I Introduction

Cette étude vise deux objectifs. Le premier consiste à déterminer les caractéristiques des entreprises de fabrication qui, au Canada, recourent à des technologies manufacturières de pointe afin de voir si leur adoption se heurte à des obstacles susceptibles d'être atténués par des modifications de la politique publique.

L'étude a ensuite pour but de comparer les taux respectifs de pénétration des technologies manufacturières de pointe (TMP) dans des secteurs choisis aux États-Unis et au Canada, afin de déterminer si le Canada est en retard sur son voisin du sud dans l'utilisation des TMP et, dans l'affirmative, si l'on peut expliquer cette situation par les caractéristiques des secteurs ou des technologies en cause.

Cette étude fait appel à deux grandes sources de données. La première est l'Enquête sur les technologies manufacturières (appelée ci-après enquête sur les TMP) réalisée en 1989 par Statistique Canada, qui, avec le recensement annuel des manufactures, sert à déterminer les caractéristiques des établissements qui utilisent ou qui n'emploient pas les TMP. Cette enquête est décrite dans Statistique Canada (1989a, 1989b, 1989c). L'analyse statistique des différences entre les caractéristiques des établissements manufacturiers qui ont adopté des TMP et ceux qui ne l'ont pas fait est présentée à la section III de l'étude.

La deuxième grande source de données est l'enquête menée aux États-Unis en 1988 sur les technologies de fabrication (Département du commerce des États-Unis, Bureau du recensement, 1989). Bien que cette enquête diffère de celle publiée au Canada, Statistique Canada a pu les rendre comparables en remaniant les résultats de sa propre enquête et en modifiant certains des résultats publiés aux États-Unis. Ces chiffres comparables figurent dans Statistique Canada (1991). Leur analyse est présentée à la section IV de l'étude.

II Technologies manufacturières de pointe

Cette expression s'entend de toute une gamme de technologies de fabrication, dont certaines (les machines à commandes numériques et les contrôleurs programmables) sont utilisées depuis bien des années. Plus récemment, cette expression en est venue à désigner également l'application des microprocesseurs aux activités de production (commande numérique informatisée et conception, ingénierie et fabrication assistées par ordinateur) de même qu'à la manutention automatisée du matériel (robots programmables et systèmes d'extraction automatisés). On parle également à ce sujet de «technologies flexibles».

Les catégories de technologies visées dans les récentes enquêtes sur les TMP au Canada, aux États-Unis et en Australie sont résumées au tableau 1.

III Données sur l'utilisation des technologies de pointe au Canada

Études canadiennes récentes sur la diffusion des technologies de pointe

Les données les plus récentes qu'on possède sur l'utilisation des TMP figurent dans *l'Enquête sur les technologies manufacturières de Statistique Canada* (1989a). En ce qui concerne l'emploi des TMP dans le secteur des services, les renseignements les plus à jour sont fournis par l'enquête de Statistique Canada sur la diffusion des technologies dans les industries de services, dont les résultats sont publiés dans *Les technologies et les industries de services* (Approvisionnements et Services Canada, 1990).

Parmi les enquêtes consacrées antérieurement aux technologies de pointe, mentionnons l'étude du Conseil économique du Canada intitulée *La technologie en milieu de travail. Enquête sur l'automatisation au Canada* (Betcherman et McMullen, 1986) ainsi que *l'Enquête sur les technologies manufacturières* (Statistique Canada, 1987).

L'enquête de 1989 sur les technologies manufacturières révèle que, selon la technologie considérée, la proportion des établissements utilisant des TMP varie entre 6 et 30 pour cent et représente entre 18 et 77 pour cent des expéditions du secteur manufacturiers. Ces données sont présentées au tableau 2.

Les résultats du rapport sur *Les technologies et les industries de services* sont résumés au tableau 3. Certains des systèmes et des technologies les plus usuels, comme les ordinateurs personnels, les télécopieurs et les systèmes

Tableau 1

Technologies manufacturières de pointe

Catégorie de technologie	Technologie	Description
I		**Conception et ingénierie**
	1	Conception assistée par ordinateur (CAO) et (ou) ingénierie assistée par ordinateur (IAO)
	2	Résultats CAO servant au contrôle des machines de fabrication (CAO/FAO)
	3	Représentation numérique des résultats CAO servant aux achats
II		**Fabrication et assemblage**
	4	Cellules(s) ou système(s) de fabrication flexible(s) (CFF) (SFF)
	5	Machines CN/CNI
	6	Laser(s) à travailler les matériaux
	7	Robots de mise en place
	8	Autres robots
III		**Manutention automatisée du matériel**
	9	Systèmes de stockage et d'extraction automatisés (SSEA)
	10	Systèmes de véhicules guidés automatiques (SVGA)
IV		**Matériel d'inspection, de détection et de tests automatisés**
	11	À l'entrée ou en cous de traitement
	12	À la sortie
V		**Communication et contrôle**
	13	Réseau local pour données techniques
	14	Réseau local d'usine
	15	Réseau informatique entre entreprises reliant les usines aux sous-traitants, fournisseurs ou clients
	16	Contrôleurs programmables
	17	Ordinateurs de contrôle du processus de production

financiers informatisés, sont employés dans 90 pour cent des établissements de services comptant 20 employés au plus. Le rapport conclut que l'adoption des technologies dans les industries de services présente les caractéristiques suivantes :

- les taux de pénétration sont les plus élevés dans les communications, le commerce de gros, la finance et l'assurance ainsi que les services aux entreprises; c'est dans l'hébergement, les aliments et boissons et le commerce de détail que le taux d'adoption est le plus faible;
- les taux de pénétration sont plus élevés dans les établissements employant plus de 200 personnes que dans ceux qui comptent moins de 200 employés;
- les taux d'adoption sont supérieurs dans les entreprises appartenant à des capitaux étrangers;
- ils sont plus faibles dans les Prairies et dans la région de l'Atlantique que dans le reste du Canada.

Tableau 2

Utilisation des technologies manufacturières de pointe au Canada en 1989

Catégorie de technologie	Pourcentage d'établissements utilisant au moins une technologie de la catégorie	Pourcentage des expéditions représenté par ces établissements
Conception et ingénierie	19	52
Fabrication et assemblage	21	47
Manutention automatisée du matériel	6	18
Tests automatisés	11	41
Communication et contrôle	30	77
Information relative à la fabrication	18	51
Contrôle et intégration	9	40

Source : Statistique Canada (1989a), tableaux 3 et 17.

Tableau 3

Établissements du secteur des services utilisant ou prévoyant d'utiliser certaines technologies

Technologie	Utilisation actuelle (%)	Utilisation prévue d'ici trois ans (%)
Bureautique		
Ordinateurs personnels	89	3
Terminaux à accès direct	76	4
Mini-ordinateurs	54	4
Ordinateurs centraux	41	2
Réseaux de bureau		
Télécopie	89	3
Réseaux locaux	40	17
Télex	36	0
Courrier électronique-privé	30	14
Réseaux à grande distance	29	10
Bases de données externes	22	8
Communication mobile de données	11	5
Courrier électronique - public	10	9
Messagerie vocale	6	7
Transmission de données par satellite	3	5
Vidéo-conférences	2	5
Systèmes d'aide à la conception		
Édition assistée par ordinateur	30	15
Conception assistée par ordinateur	14	5
Ingénierie assistée par ordinateur	6	4
Génie logiciel assisté par ordinateur	6	8
Systèmes de gestion des stocks et des ventes		
Gestion informatisée des stocks	56	12
Saisie informatisée des commandes	50	9
Terminaux de point de vente	22	8
Échange électronique de données	19	16
Systèmes informatisés de lecture optique	15	14
Système d'extraction automatique de données	10	4

Source : Industrie, Sciences et Technologie (1990), tableau 2.2.

Facteurs liés à l'adoption des technologies de pointe : données disponibles

Les études empiriques consacrées aux facteurs dont dépend l'adoption des nouvelles technologies concluent que les caractéristiques suivantes, au niveau de l'entreprise ou de l'établissement, facilitent généralement une adoption précoce :

- une grande taille
- une forte croissance
- la réceptivité de l'entreprise, telle qu'elle se manifeste par le niveau de formation des dirigeants et l'interaction avec les fournisseurs.

Dans le cas du Canada, l'emplacement de l'établissement et la propriété de son capital jouent également un rôle, les entreprises situées dans les régions centrales et celles qui appartiennent à des intérêts étrangers paraissant plus disposées à adopter des technologies nouvelles.

Le rapport de 1986 du Conseil économique du Canada, *La technologie en milieu de travail*, montre que la proportion d'entreprises ou d'entités ayant opté pour l'automatisation à l'aide de moyens informatiques entre 1980 et 1985 :

- avait tendance à être inférieure à la moyenne nationale dans les provinces de l'Atlantique et au Québec, et supérieure dans l'Ouest canadien;
- augmentait avec la taille de l'établissement;
- était plus élevée parmi les entreprises à capitaux étrangers que dans les établissements à propriété canadienne; et
- se révélait plus forte dans les entreprises appartenant à des intérêts américains que dans les autres établissements à capitaux étrangers.

Dans une étude portant sur les entreprises québécoises, Julien, Carrière et Hébert (1988) ont constaté que l'adoption des machines CN/CNI dan les industries des matières plastiques, de l'usinage et du sciage était liée à la taille de l'entreprise ainsi qu'à la présence d'un propriétaire-dirigeant ayant suivi des études universitaires. Ils ont également observé les types de comportement suivants :

- le recueil d'information auprès des fournisseurs et dans les foires commerciales
- l'exécution d'études de marché
- la collaboration avec des organismes de recherche extérieurs
- l'utilisation de l'ordinateur.

Il convient de noter que les genres de comportement qui accompagnent l'adoption des technologies nouvelles peuvent être soit des causes, soit des conséquences de cette dernière. Selon Julien et coll., la décision de ne pas adopter un système à commande numérique est souvent due au fait que le décideur évalue ou calcule mal l'économie de temps ou l'amélioration de la qualité que le système permettrait d'obtenir. C'est là que le niveau de formation des dirigeants (études en gestion) entre en jeu, tout comme le fardeau financier qu'une évaluation en bonne et due forme peut imposer à une petite entreprise.

Une étude menée par le ministère de l'Industrie, des Sciences et de la Technologie (1990a) met elle aussi en relief le rôle joué par les compétences du personnel et des dirigeants. Elle signale que les entreprises qui optent pour les techniques nouvelles doivent disposer de compétences technologiques internes suffisantes pour pouvoir résoudre les problèmes qui se posent en cours d'adoption et qu'on ne peut se fier à des sources extérieures pour régler toutes les difficultés susceptibles de se présenter.

Plus récemment, Lefebvre, Harvey et Lefebvre (1991) sont parvenus à établir une distinction entre les facteurs liés à l'adoption *initiale* des TMP et ceux qui se rattachent à leur adoption *permanente*. Plus précisément, les auteurs ont analysé les facteurs liés à l'adoption de l'une des technologies suivantes : conception assistée par ordinateur, fabrication assistée par ordinateur, machines-outils à commandes numériques informatisées, stockage et extraction automatisés, inspection et contrôle de la qualité automatisés; et les facteurs rattachés à l'adoption de plus d'une de ces technologies par 100 et par 44 petites entreprises manufacturières du Québec, respectivement.

Selon l'interprétation que les auteurs font des résultats, la taille, la situation financière, le désir de réaliser des économies financières et l'influence du PDG contribuent à faire faire à l'entreprise ses premiers pas dans le domaine de la fabrication assistée par ordinateur, tandis que les étapes suivantes sont franchies sous l'influence de la clientèle, des fournisseurs et des spécialistes travaillant dans l'entreprise même.

Dans un autre document (Lefebvre, Lefebvre et Harvey, 1991a), les mêmes auteurs constatent que l'adoption de TMP informatisées par 116 petites entreprises manufacturières du Québec tient à deux facteurs — les capacités techniques des cols bleus et l'influence des fournisseurs et des conseillers extérieurs — apparemment à l'exclusion de tous les autres.

Bien entendu, le perfectionnement du personnel et l'interaction avec les fournisseurs et les conseillers extérieurs font partie du processus d'adoption des technologies nouvelles au lieu d'en être la cause. La principale question qui se pose sur le plan de la compétitivité est de savoir s'il existe au Canada des obstacles à l'acquisition de compétences ou à l'interaction avec les fournisseurs qui n'existent pas dans les autres pays industrialisés[1].

Modélisation des facteurs déterminant l'utilisation des TMP

Estimation du modèle

La méthode de recherche utilisée dans cette étude consiste à établir une distinction, par des méthodes statistiques, entre les caractéristiques des établissements manufacturiers utilisant des TMP et celles des autres établissements. Il a fallu, à cette fin, faire concorder les établissements visés dans l'enquête de 1989 sur les TMP et les recensements des manufactures de 1987 et 1982. Le recensement de 1987 était le plus récent dont nous disposions au moment où cette analyse a été entreprise. La mise en concordance des établissements visés par l'enquête sur les TMP et par le recensement de 1982 permet de calculer des taux de croissance sur cinq ans pour chaque établissement. Après omission de certains grands groupes dans lesquels les technologies de pointe ne sont guère utilisées, on se retrouve avec environ 2 200 établissements visés par l'enquête sur les TMP, pour lesquels il existe des données dans les recensements de 1987 et 1982.

Nous nous servons ensuite d'une analyse par la méthode des logits pour déterminer si les caractéristiques des établissements utilisant diverses TMP en 1989 diffèrent sur le plan statistique de celles des autres établissements. Une étude récente de Dunne (1991) fait appel à une méthode analogue, appliquée à des données provenant des États-Unis. Dunne se sert d'une analyse multivariée des probits pour expliquer les différences d'utilisation des TMP entre établissements aux États-Unis. L'enquête américaine sur les TMP est décrite à la deuxième partie de la section IV.

Sous sa forme la plus simple, le modèle s'écrit

$$P_{ij} = f(X_i) \qquad (1)$$

où P_{ij} = probabilité que le ième établissement utilise la jème technologie en 1989 et X_i = vecteur des caractéristiques du ième établissement, selon le recensement des manufactures de 1987.

Les travaux théoriques et empiriques consacrés à ce jour aux facteurs déterminant l'adoption des technologies nouvelles portent à croire que les caractéristiques suivantes devraient influer sur la probabilité de l'adoption de techniques de pointe :

- la taille de l'établissement
- la taille d'une entreprise intérieure comptant plusieurs établissements
- la taille d'une entreprise internationale à établissements multiples
- le taux de croissance passé de la production de l'établissement

- l'âge de l'établissement
- l'emplacement de l'établissement
- les opportunités technologiques.

La taille de l'établissement est généralement considérée comme le facteur explicatif le plus important dans les études empiriques consacrées à l'adoption des technologies nouvelles. Cette dernière est favorisée par deux éléments tenant à la taille. En premier lieu, certaines technologies conviennent surtout aux grands établissements et ne sont pas rentables dans les petites usines. Il est possible que cette influence de la taille diminue avec le temps, lorsqu'on parvient à adapter une technologie à des applications de taille plus réduite[2]. Si tel est le cas, la technologie considérée devrait être, avec le temps, adoptée par des établissements de plus en plus petits.

La deuxième source d'avantages procurés par la taille est liée aux frais fixes qu'entraîne l'acquisition d'une technologie nouvelle. Il s'agit des coûts qu'entraînent l'évaluation des divers fournisseurs possibles et l'intégration de la nouvelle technologie aux activités existantes. On pourrait parler à cet égard de coûts de «recherche et de rodage»[3]. Ces frais sont fixes dans la mesure où ils n'augmentent pas proportionnellement au volume de nouvelles technologies acquises. Il se peut que ces coûts fixes d'acquisition diminuent eux aussi avec le temps par rapport au prix d'achat d'une nouvelle technologie. Ce serait le cas si les capacités d'une nouvelle technologie étaient mieux connues et plus certaines après un certain temps. L'acquisition d'une nouvelle technologie deviendrait alors chose courante et une acquisition à petite échelle, moins coûteuse. Le rapport qui existe entre l'âge d'une technologie et son coût d'adoption est étudié plus à fond à la section IV, qui traite de l'origine des différences de taux d'adoption entre le Canada et les États-Unis et de l'interprétation des écarts observés entre les deux pays en ce qui concerne l'utilisation des TMP.

L'existence d'un avantage lié tenant à la taille de l'établissement, qui diminuerait avec le temps, implique que les utilisateurs de TMP devraient être plus nombreux que les non-utilisateurs. Quant aux établissements qui prévoient d'utiliser des TMP, ils devraient se situer entre les deux. Ainsi que le montre le tableau 4, il en va généralement ainsi. Le rapport entre les coûts d'adoption et le calendrier d'introduction des TMP est étudié plus à fond à l'annexe.

Une entreprise peut étaler ses frais d'acquisition fixes sur plusieurs usines. L'expérience acquise dans le choix et la mise en oeuvre d'une nouvelle technologie dans un établissement peut être mise à profit dans les autres. De ce fait, les entreprises à établissements multiples disposent d'un avantage sur les sociétés à emplacement unique dans la mesure où elles peuvent étaler sur un plus grand nombre d'achats leurs coûts de recherche et de rodage ainsi que,

peut-être, d'intégration. De plus, cet avantage tenant au nombre d'établissements peut, en principe, être réalisé aussi bien dans les installations situées dans le pays que dans les établissements à l'étranger, c'est-à-dire tant dans les entreprises nationales à établissements multiples que dans les multinationales.

Tableau 4

Taille moyenne* des établissements par catégorie de technologie et d'utilisation

Catégorie de technologie	Utilisation effective	Utilisation prévue	Non rentable	Non applicable
Conception et ingénierie	157	89	46	56
Machines CN/CNI	140	104	49	71
Fabrication et assemblage	167	146	48	65
Manutention automatisée du matériel	168	209	85	64
Tests automatisés	222	106	54	61
Communications	189	99	52	48
Contrôleurs programmables	209	80	55	52
Ordinateurs de contrôle du processus de production	243	108	51	54

* Exprimée par le nombre moyen d'employés.

À taille donnée, les probabilités d'adoption des TMP devraient augmenter parallèlement au taux de croissance des établissements. Les entreprise en expansion ont tout à la fois la possibilité d'adopter des technologies nouvelles et la perspective d'atteindre la masse critique nécessaire, si elles ne l'ont pas encore fait[4]. L'influence de la croissance sur la probabilité d'adoption des TMP devrait être plus marquée dans le cas des technologies caractérisées par des frais fixes et des coûts irrécupérables importants. Dans ces conditions, le remplacement d'une ancienne technologie par une nouvelle est peu probable si l'entreprise n'est pas en croissance.

Les établissements relativement nouveaux sont également plus susceptibles de recourir aux TMP. En fait, il se peut fort bien que la construction d'une nou-

velle usine et l'adoption des TMP relèvent d'une seule et même décision d'investissement. Il se peut également que les établissements relativement modernes se prêtent mieux à la mise en place des technologies nouvelles[5].

L'emplacement des établissements peut lui aussi influer sur la probabilité d'adoption des TMP. Un utilisateur isolé sur le plan géographique risque d'être confronté à des frais de recherche et de mise en oeuvre plus élevés. Il est également possible que les autres facteurs qui influent sur les chances d'adoption des TMP varient d'un endroit à l'autre — notamment le prix des facteurs et l'éventail des produits de l'entreprise[6].

La probabilité qu'un établissement utilise une technologie manufacturière de pointe peut dépendre aussi des opportunités technologiques. Même si les TMP peuvent avoir un large champ d'application, certaines offrent plus de possibilités dans certains grands groupes que dans les autres et, dans un grand groupe donné, dans certaines industries à trois chiffres que dans d'autres. On ne dispose d'aucune mesure directe des différences d'opportunités technologiques entre les industries, mais on peut parer en partie à ce problème en estimant les modèles au niveau des grands groupes. Les différences entre les industries à trois chiffres, au sein d'un grand groupe, demeurent. L'une des façons de tenir compte des différences d'opportunités technologiques entre les industries à trois chiffres consiste à retenir comme variable explicative, dans le modèle, le pourcentage des établissements utilisant des TMP dans chaque industrie à trois chiffres. C'est ce que nous ferons dans cette étude.

Définition des variables explicatives

Les variables explicatives employées dans cette étude sont exposées au tableau 5. Le premier ensemble mesure la taille de l'établissement. Cette dernière peut être mesurée de deux manières différentes : valeur ajoutée ou nombre de personnes employées. La taille mesurée par l'emploi est exprimée tant en continu (par le logarithme népérien de l'emploi) que de façon discrète (les variables muettes étant égales à l'unité si un établissement dépasse une certaine taille). Les catégories de taille ont été choisies de manière à concorder avec celles du recensement américain des manufactures.

Le deuxième ensemble de variables indépendantes ((VOPSI, NOPSI, VOM, NOM, VOPVOM, NOPNOM) mesure l'activité des entreprises intérieures à établissements multiples. On a le choix, là encore, entre deux expressions de l'activité : l'emploi et la valeur ajoutée. On peut distinguer, dans les activités des entreprises à établissements multiples, celles qui ont lieu dans la même industrie à trois chiffres et celles qui relèvent d'autres industries à trois chiffres tout en restant des activités manufacturières. On peut raisonnablement s'attendre à ce que l'avantage d'échelle dont disposent les entreprises à établissements multiples soit plus marqué si les établissements en

cause oeuvrent dans le même secteur à trois chiffres que s'ils appartiennent à d'autres industries manufacturières.

La variable muette de propriété étrangère, DFO, qui vise à mesurer l'avantage de taille des multinationales, est de toute évidence imparfaite. Il se peut par exemple qu'une entreprise intérieure exploite, elle aussi, des usines à l'étranger — ou que les entreprises à capitaux étrangers n'aient aucune usine, ou en possèdent beaucoup, dans d'autres pays et que ces établissements oeuvrent dans toute une série de secteurs d'activité.

La croissance des établissements est mesurée sur une période de cinq ans allant de 1982 à 1987. Il serait certes préférable de mesurer la croissance jusqu'en 1989 (année de l'enquête sur les TMP), mais 1987 est la dernière année pour laquelle on dispose actuellement des chiffres du recensement. La croissance est également mesurée en termes nominaux. Il aurait mieux valu disposer de chiffres de croissance réelle, mais on ne dispose d'aucun indice de déflation au niveau des établissements. On peut éviter en partie le problème que pose l'utilisation de taux de croissance nominaux en estimant le modèle au niveau des grands groupes. Cela élimine l'effet des différences de taux de variation des prix des produits entre grands groupes.

La mesure de l'âge des établissements (ALEQ15) est une variable muette égale à un si l'établissement a moins de 15 ans et à zéro dans les autres cas. Il n'est cependant pas forcément utile de faire la distinction entre les établissements de plus et de moins de 15 ans. Très peu d'établissements (moins de dix au total) visés par l'enquête sur les TMP et raccordés au recensement américain avaient moins de cinq ans. Étant donné qu'on ne pouvait pas mesurer leur taux de croissance (ces établissements ayant fait leur apparition après 1982), ils ont été éliminés. On compte aussi relativement peu d'établissements de moins de dix ans. Bien qu'on puisse utiliser une variable muette de dix ans (ALEQ10) lorsqu'on regroupe divers grands groupes, il n'y a généralement pas suffisamment d'établissements de moins de dix ans dans un grand groupe particulier pour justifier la distinction moins de dix/plus de dix.

Il n'est pas possible non plus de distinguer les très vieux établissements des autres. En effet l'âge des établissements (d'après leur année de création) n'est indiqué dans les dossiers du recensement qu'après 1972. On ne possède aucune donnée sur l'âge des entreprises de plus de 15 ans.

Quatre des variables muettes d'emplacement peuvent être utilisées dans le modèle. La représentation est plutôt mince dans certaines régions et certaines industries. Les résultats présentés ici permettent de distinguer les régions centrales du Canada et le reste du pays.

Les différences d'opportunités technologiques entre industries sont mesurées par les pourcentages d'établissements d'une même industrie à trois chiffres qui utilisent ou prévoient d'utiliser une technologie ou un groupe de technologies données[7].

Tableau 5

Variables explicatives

LNN :	Logarithme (népérien) du nombre d'employés de l'établissement
LNV :	Logarithme de la valeur ajoutée de l'établissement
DN1 :	Variable muette égale à un si l'établissement compte entre 100 et 250 employés, à zéro autrement.
DN2 :	Variable muette égale à un si l'établissement compte entre 250 et 500 employés, à zéro autrement.
DN3 :	Variable muette égale à un si l'établissement compte plus de 500 employés à zéro autrement.
VOPSI :	Valeur ajoutée des autres établissements de la même industrie à trois chiffres appartenant aux mêmes propriétaires (c.-à-d. même entreprise non consolidée)
NOPSI :	Nombre d'employés des autres établissements de la même industrie à trois chiffres appartenant aux mêmes propriétaires (c.-à-d. même entreprise non consolidée)
VOM :	Valeur ajoutée des autres établissements d'autres industries manufacturières appartenant aux mêmes propriétaires (c.-à-d. même entreprise consolidée)
NOM :	Nombre d'employés des autres établissements d'autres industries manufacturières appartenant aux mêmes propriétaires (c.-à-d. même entreprise consolidée)
VOPVOM :	VOPSI + VOM
NOPNOM :	NOPSI + NOM
DFO :	Variable muette égale à un si l'établissement est contrôlé par l'étranger, à zéro autrement.
LNG :	Taux de croissance des expéditions de l'établissement, 1982-1987
ALEQ15 :	Variable muette égale à un si l'établissement a moins de 15 ans d'âge, à zéro autrement.
DR1 :	Variable muette égale à un si l'établissement est situé dans la région de l'Atlantique, à zéro autrement.
DR2 :	Variable muette égale à un si l'établissement est situé au Québec, à zéro autrement.
DR3 :	Variable muette égale à un si l'établissement est situé en Ontario, à zéro autrement.
DR4 :	Variable muette égale à un si l'établissement est situé dans les provinces des Prairies, à zéro autrement
DR5 :	Variable muette égale à un si l'établissement est situé en Colombie-Britannique, à zéro autrement.
ITE :	Pourcentage des établissements d'une même industrie àtrois chiffres qui utilisent ou prévoient d'utiliser une technologie donnée.

Variables dépendantes

Les technologies visées par l'enquête sur les TMP sont énumérées au tableau 1. Les résultats présentés portent sur l'utilisation ou la non-utilisation de ces technologies ou groupes de technologies. Le premier ensemble de variables dépendantes est composé de 17 variables binaires définies comme suit :

D1VJ = 1, J = 1. . .17, si la Jème technologie est utilisée
= 0, autrement.

Lorsqu'on utilise les D1VJ comme variables dépendante, il faut estimer 17 équations pour chaque grand groupe. Ces estimations ne sont pas présentées dans cette étude (bien qu'elles soient disponibles). Les résultats dont nous faisons état ici font appel à un ensemble plus réduit de variables dépendantes fondées sur les catégories de technologies. Celles-ci sont définies de la manière suivante :

D2V1 = 1 si l'une des technologie 1 à 3 (conception et ingénierie) est utilisée, zéro autrement

D2V2 = 1 si la technologie 4 (CFF/SFF) est utilisée, zéro autrement (D2V2 = D1V4)

D2V3 = 1 si la technologie 5 (Machines CN/CNI) est utilisée, zéro autrement (D2V3 = D1V5)

D2V4 = 1 si l'une des technologies 4, 6, 7 ou 8 (Fabrication et assemblage) est utilisée, zéro autrement

D2V5 = 1 si l'une des technologies 9 ou 10 (Manutention automatisée du matériel) est utilisée, zéro autrement

D2V6 = 1 si l'une des technologies 11 ou 12 (Détection et tests automatisés) est utilisée, zéro autrement

D2V7 = 1 si l'une des technologie 13 à 15 (Communications) est utilisée, zéro autrement

D2V8 = 1 si la technologie 16 (Contrôleurs programmables) est utilisée, zéro autrement (D2V8 = D1V16)

D2V9 = 1 si la technologie 17 (Ordinateurs de contrôle du processus de production) est utilisée, zéro autrement (D2V9 = D1V17)

Forme fonctionnelle et méthode d'estimation

Nous utilisons dans cette étude la forme fonctionnelle logistique. La probabilité d'utilisation doit alors se situer le long d'une courbe en S asymptotique à zéro et à un. Le modèle statistique s'écrit donc :

$$D2VJ_i = 1 / [1 + \exp(-b_k X_{ki})], J = 1 \ldots 11 \quad (2)$$

où les D2VJ sont définis de la manière exposée précédemment (Variables dépendantes) et les Xki sont les K caractéristiques du ième établissement, ainsi que nous l'avons exposé précédemment (Variables explicatives).

Le modèle (2) est estimé pour chacun des grands groupes de même que pour divers ensembles de grands groupes. Ces estimations agrégées imposent une contrainte d'égalité à certains des bk, d'un grand groupe à l'autre.

On estime également le modèle (2) pour un sous-échantillon d'établissements employant 20 personnes ou plus. Ce sous-échantillon est comparable à celui de l'enquête américaine sur les TMP par la taille des établissements visés. Les résultats présentés ci-après à la section III (Déterminants de l'utilisation des TMP : résultats statistiques) ont été obtenus à l'aide de ce sous-échantillon.

On estime les modèles logit par la méthode de vraisemblance maximale à l'aide du programme logit de SAS. Les estimations obtenues à l'aide de SAS ont été vérifiées au moyen du programme logit mieux connue de SHAZAM.

Déterminants de l'utilisation des TMP : résultats statistiques

Test d'hypothèse à l'aide des données agrégées des douze grands groupes[9]

Les estimations globales du modèle (2) imposent une contrainte d'égalité aux coefficients des variables explicatives d'un grand groupe à l'autre. Les coordonnées à l'origine, elles, peuvent différer. Les estimations du modèle (2) sont présentées aux tableaux 6 et 7[9]. Il est difficile de choisir entre l'emploi et la valeur ajoutée pour mesurer la taille, les deux produisant des résultats analogues.

La taille des établissements est positive et significative au niveau de 1 pour cent pour toutes les catégories de technologies. L'élasticité de l'adoption vis-à-vis de la taille de l'établissement est légèrement plus élevée quand la taille est mesurée par l'emploi que lorsqu'elle est exprimée par la valeur ajoutée. Cela pourrait être dû au fait que la valeur ajoutée subit l'influence des écarts de taux salariaux et de bénéfices entre établissements, écarts qui masquent dans une certaine mesure les différences d'échelle.

L'élasticité-taille de l'adoption va de 0,23 (Manutention automatisée du matériel, CFF/SFF) à 0,53 (Ordinateurs de contrôle du processus de production d'usine)[10]. Les technologies les moins utilisées semblent également être celles dont l'élasticité-taille est la plus faible. Cela est toutefois contraire aux attentes, puisque l'avantage d'une grande taille est censé diminuer à mesure qu'une technologie prend de l'âge et devient plus largement employée.

L'incidence de la taille des établissements sur la probabilité d'adoption des TMP est également illustrée au tableau 8, qui présente la probabilité prévue

Tableau 6

Estimation du modèle (2) pour douze grands groupes

Catégorie de technologie	Variable indépendante									
	int	DR2	DR3	DFO	ALEQ15	LNG	LNN	NOPNOM+	IIE	MCS
Conception et ingénierie	-4,97	-,100	-,165	,051	-,090	,107	,611***	-,300**	3,27***	350/10
CFF/SFF	-5,21	,448**	,187	,249*	-,186	,443***	,318***	-,106	6,39***	153/9
Machines CN/CNI	-5,35	,330**	,175**	,152	-,245	,133	,497***	-,277**	5,14***	459/10
Fabrication et assemblage[a]	-5,25	,581***	,298**	,138	-,320	,220***	,431***	-,168	4,01***	233/10
Manutention automatisée du matériel	-4,74	,591***	-,046	,303*	,321	,241*	,282***	,149	3,27***	136/11
Tests automatisés	-5,32	,203	-,263*	,143	,147	-,007	,540***	,091	4,26***	408/11
Communications	-4,94	,306**	-,120	,318***	,062	,009	,606***	,091	2,22***	345/9
Contrôleurs programmables	-5,83	-,001	,019	,190	,060	,191**	,738***	-,048	3,77***	664/10
Ordinateurs de contrôle du processus de production	-5,85	,221	-,025	,194	,268	-,008	,711***	-,083	2,97***	419/10

\+ Tous les coefficients sont multipliés par 10^{-4}
* Significatif au niveau de 10 pour cent
** Significatif au niveau de 5 pour cent
*** Significatif au niveau de 5 pour cent
a : Machines CN/CNI exclues, mais CFF/SFF inclus

Tableau 7

Estimation du modèle (2) pour douze grands groupes

Catégorie technologie	Variable indépendante int	DR2	DR3	DFO	ALEQ15	LNG	LNV	VOPVOM+	IIE	MCS
Conception et ingénierie	-4,34	-,094	-,139	,099	-,116	,034	,514***	-,337***	3,56**	364/11
CFF/SFF	-4,75	,483**	,222	,161	-,197	,384***	,258***	-,090	6,38***	153/9
Machines CN/CNI	-4,37	,416**	,334**	,151	-,289	,036	,336***	-,255**	5,10***	441/9
Fabrication et assemblage[a]	-4,53	,649***	,330**	,129	-,337	,148	,348***	-,229*	4,00***	230/10
Manutention automatisée du matériel	-4,79	,718***	-,035	,261	,310	,100	,255***	,170	3,44***	139/11
Tests automatisés	-4,53	,247	-,182	,057	,094	-,080	,415***	,116	4,30***	397/10
Communications	-4,04	,379***	-,064	,145	,028	-,100	,521***	,039	1,97***	348/9
Contrôleurs programmables	-5,03	-,051	,076	-,007	,035	,059	,657***	-,084	3,71***	685/8
Ordinateurs de contrôle du processus de production	-4,81	,306**	,061	,026	,215	-,145	,587***	-,110	2,70***	420/8

\+ Tous les coefficients sont multipliés par 10-4

* Significatif au niveau de 10 pour cent

** Significatif au niveau de 5 pour cent

*** Significatif au niveau de 1 pour cent

[a] : Machines CN/CNI exclues, mais CFF/SFF inclus

d'adoption pour différentes catégories de taille d'établissement (selon le nombre d'emplois). On obtient ces résultats en remplaçant dans le modèle (2) la variable d'échelle continue LNN par des variables muettes de catégories de taille qui sont discrètes. La probabilité d'utilisation des TMP dans un établissement comptant plus de 500 employés représente entre moins de deux fois et quatre fois celle d'un établissement employant moins de 100 personnes. Dans certains cas (Manutention automatisée du matériel), la probabilité d'utilisation ne semble pas augmenter de manière appréciable une fois qu'on a atteint le seuil de 100 employés. Dans d'autres cas (Machines CN/CNI, Détection et tests automatisés), l'utilisation augmente sensiblement lorsque la taille de l'établissement passe au-dessus de 500 employés.

La taille des entreprises intérieures à établissements multiples n'a jamais d'effet positif sur le taux d'adoption, peu importe la manière dont on le mesure. En fait, dans les rares cas où cet effet est statistiquement significatif, il est affecté du mauvais signe (c'est-à-dire qu'il est négatif).

La taille des entreprises internationales à établissements multiples, représentée par la variable muette de propriété étrangère, ne joue aucun rôle non plus. Elle est significative au niveau de 1 pour cent dans le cas des technologies de communication, où elle est positive.

Il découle de ces résultats que la taille procure un avantage pour l'adoption des TMP au niveau de l'établissement, mais qu'elle ne joue pas pour les entreprises intérieures ou internationales à établissements multiples. Les répercussions de cette constatation ont déjà été exposées à la section III, dans la partie consacrée à la modélisation des déterminants de l'utilisation des TMP.

Parmi les autres variables indépendantes, l'âge de l'établissement n'est jamais significatif sur le plan statistique, tandis que le taux de croissance des expéditions de l'établissement est, à l'occasion, significatif et positif, ainsi qu'on peut s'y attendre. La croissance n'est pas significative aussi souvent qu'on pourrait s'y attendre, étant donné les résultats obtenus par d'autres chercheurs. Cela est peut-être dû à la brièveté relative de la période au cours de laquelle la croissance a été mesurée ou à l'utilisation de taux de croissance nominale plutôt que réelle.

En ce qui concerne les différences interprovinciales, les établissements situés au Québec et, dans une mesure un peu moindre, en Ontario paraissent plus susceptibles d'utiliser des TMP que les établissements situés dans la région de l'Atlantique ou dans l'Ouest canadien.

Le pourcentage d'établissements, dans l'industrie à trois chiffres à laquelle est affectée le ième établissement, qui utilisent ou prévoient d'utiliser une technologie est toujours un déterminant significatif de l'utilisation au niveau de l'établissement. Cela pourrait être dû aussi bien aux différences interindustrielles d'opportunités technologiques qu'à d'autres caractéristiques des industries au niveau de trois chiffres, comme l'ouverture aux échanges commerciaux.

Tableau 8

Probabilité prévue d'utilisation par taille d'établissement et catégorie de technologie (12 grands groupes)

Catégorie de technologie	Catégorie de taille (nbre d'employés)			
	20-100	100-250	250-500	Plus de 500
Conception et ingénierie	,24	,39	,56	,61
CFF/SFF	,07	,11	,13	,16
Machines CN/CNI	,13	,23	,25	,35
Fabrication et assemblage	,11	,21	,26	,32
Manutention automatisée du matériel	,06	,10	,09	,11
Tests informatisés	,08	,20	,22	,32
Communications	,18	,32	,43	,52
Contrôleurs programmables	,19	,39	,49	,61
Ordinateurs de contrôle du processus de production	,12	,27	,40	,43

Tableau 9

Élasticité de la probabilité d'adoption par rapport à la taille de l'établissement (12 grands groupes)

Catégorie de technologie	Valeur ajoutée	Nbre d'employés
Conception et ingénierie	,32	,38
CFF/SFF	,23	,28
Machines CN/CNI	?	,38
Fabrication et assemblage	,28	,34
Manutention automatisée du matériel	,23	,25
Tests informatisés	,33	,44
Communications	,36	,42
Contrôleurs programmables	,42	,47
Ordinateurs de contrôle du processus de production	,44	,53

Tableau 10

Estimation du modèle (2) pour quatre grands groupes

	Variable indépendante									
Technology Class	int	DR2	DR3	DFO	ALEQ15	LNG	LNN	NOPNOM[+]	IIE	MCS
Conception et ingénierie	-5,99	-,034	-,278	-,282	-,175	,096	,715***	-,118	4,46***	158/8
CFF/SFF	-6,44	,802**	,492	,293	-,450	,231	,410***	-,111	5,35***	72/10
Machines CN/CNI	-5,86	,420	,205	-,084	-,537	,070	,660***	,094	5,06***	182/9
Fabrication et assemblage[a]	-7,05	,714**	,449**	,154	-1,00**	,053	,582***	-,051	5,11***	154/10
Manutention automatisée du matériel	-6,63	1,12**	-,282	1,14***	,570	,284	,380**	,025	2,37*	36/91
Tests automatisés	-5,47	,229	-,205*	,076	-,624	,023	,484***	,257	5,45***	153/9
Communications	-6,28	-,427	-,303	,208	-,277	,085	,802***	-,081	3,13***	162/9
Contrôleurs programmables	-5,52	,269	,443**	,228	-,300	,218	,615***	,106	3,30***	172/8
Ordinateurs de contrôle du processus de production	-5,33	-,169	,235	,134	-,525	,079	,559***	-,198	3,12***	119/8

\+ Tous les coefficients sont multipliés par 10^{-4}

* Significatif au niveau de 10 pour cent

** Significatif au niveau de 5 pour cent

*** Significatif au niveau de 1 pour cent

[a] : Machines CN/CNI exclues, mais CFF/SFF inclus

Tableau 11

Estimation du modèle (2) pour quatre grands groupes

	Variable indépendante									
Technology Class	int	DR2	DR3	DFO	ALEQ15	LNG	LNV	VOPVOM[+]	IIE	MCS
Conception et ingénierie	-5,07	,035	-,239	-,370*	-,191	-,066	,593***	-,164	4,56***	155/8
CFF/SFF	-4,36	,820*	,608	,197	-,621	,122	,181*	-,103	4,76***	58/8
Machines CN/CNI	-4,88	,471*	,233	-,135	-,559*	-,056	,527***	,109	5,14***	174/9
Fabrication et assemblage[a]	-5,09	,747**	,528**	,058	-1,09***	-,091	,384***	-,142	4,65***	138/8
Manutention automatisée du matériel	-5,40	1,13**	-,167	,942**	,437	,142	,273*	,026	1,97	32/8
Tests automatisés	-4,66	,302	-,137	,076	-,606	-,072	,364***	,237	5,52***	147/9
Communications	-4,87	-,383	-,276	,051	-,309	-,077	,723***	-,198	2,58***	162/9
Contrôleurs programmables	-4,91	,301	,416*	,124	-,265	,084	,598***	-,062	3,21***	178/8
Ordinateurs de contrôle du processus de production	-4,54	-,119	,245	,088	-,521	-,018	,458***	-,246	3,25***	113/8

\+ Tous les coefficients sont multipliés par 10-4

* Significatif au niveau de 10 pour cent

** Significatif au niveau de 5 pour cent

*** Significatif au niveau de 1 pour cent

[a] : Machines CN/CNI exclues, mais CFF/SFF inclus

Test d'hypothèse à l'aide de quatre grands groupes comparables à ceux visés par l'enquête menée aux États-Unis

L'enquête faite aux États-Unis porte sur cinq grands groupes : la fabrication de produits métalliques, les machines autres qu'électriques, le matériel de transport, le matériel électrique et électronique et les instruments scientifiques. Les quatre premiers groupes sont à peu près comparables à ceux de la nomenclature canadienne[11].

Le modèle (2) a été estimé pour les quatre grands groupes canadiens que l'on retrouve dans l'enquête menée aux États-Unis. Nous avons obtenu des estimations globales et individuelles pour les grands groupes. Cette section traite des estimations globales, qui sont présentées aux tableaux 10 et 11. Les variables muettes de déplacement des coordonnées à l'origine ne sont pas indiquées. Ces résultats sont comparables à certains égards à ceux obtenus par Dunne (1991).

Les seules variables explicatives qui soient constamment significatives sont la taille de l'établissement et le pourcentage d'utilisateurs effectifs ou en puissance dans la même industrie à trois chiffres. L'emploi, à titre de variable d'échelle, ajuste les données un peu mieux que la valeur ajoutée. L'élasticité-taille de l'adoption ne semble pas varier de manière sensible d'une technologie à l'autre (voir le tableau 12).

La taille des entreprises à établissements multiples n'est jamais significative sur le plan statistique, peu importe la manière dont on la mesure. Il en va de même de la croissance des expéditions de l'établissement. L'âge de ce dernier est significatif, mais avec le mauvais signe, dans un cas.

Les résultats obtenus ici sont analogues à ceux de Dunne (1991) à deux égards et en diffèrent sur un autre point. Dunne conclut que la probabilité d'adoption est une fonction croissante de la taille des établissements, mais n'est généralement pas fonction de leur âge. Il constate en outre que la probabilité d'adoption est généralement plus élevée dans les établissements appartenant à des entreprises à usines multiples[12].

La propriété étrangère exerce un effet positif sur l'adoption dans un cas (au niveau de 5 pour cent) et un effet négatif dans un autre cas (au niveau de 6 pour cent).

Les établissements situés au Québec présentent une probabilité d'adoption plus élevée (au niveau de 5 pour cent) que les ceux de la région de l'Atlantique et de l'Ouest canadien dans trois cas. Ceux de l'Ontario ont une probabilité d'adoption supérieure à celle des établissements de la région de l'Atlantique et de l'Ouest dans un cas.

Tableau 12

Élasticité de la probabilité d'adoption par rapport à la taille de l'établissement (Quatre grands groupes)

Catégorie de technologie	Valeur ajoutée	Nbre d'employés
Conception et ingénierie	0,30	0,37
CFF/SFF	0,16	0,36
Machines CN/CNI	0,32	0,39
Fabrication et assemblage	0,29	0,45
Manutention automatisée du matériel	0,26	0,36
Tests informatisés	0,29	0,39
Communications	0,48	0,53
Contrôleurs programmables©16	0,40	0,40
Ordinateurs de contrôle du processus de production	0,34	0,42

Test d'hypothèse à l'aide de grands groupes choisis

Les estimations du modèle (2) pour le grand groupe 25 figurent au tableau 13. Elles sont analogues aux résultats obtenus pour l'ensemble des grands groupes. La taille de l'établissement est significative (au niveau de 5 pour cent ou mieux), le signe étant le bon dans huit cas sur neuf. Il en va de même de la croissance de l'établissement dans un cas et de son âge dans deux cas. Ni la variable régionale de l'Ontario, ni celle du Québec, ni la variable de taille des entreprises intérieures à établissements multiples (NOM) n'est significative au niveau de 5 pour cent. La variable de propriété étrangère est significative et positive dans deux cas, tandis que le pourcentage d'établissements faisant partie de la même industrie à trois chiffres qui l'utilisent la technologie considérée est significative et positive dans cinq cas.

Le tableau 14 présente les estimations du modèle (2) pour le grand groupe de la fabrication de produits métalliques. Il a été impossible de procéder à une estimation pour la manutention automatisée du matériel, car trop peu d'établissements utilisaient cette technologie. Sur les huit catégories de technologies pour lesquelles on a pu estimer le modèle, sept présentent un effet d'échelle et un effet de l'industrie au niveau de trois chiffres qui est significatif à 5 pour cent. La croissance, l'âge et l'emplacement en Ontario ou au Québec sont significatifs dans un cas chacun.

Tableau 13

Estimations du modèle (2) pour le grand groupe 25 : Industries du bois

	Variable indépendante									
Catégorie de technologie	int	DR2	DR3	DFO	ALEQ15	LNG	LNN	NOPNOM+	IIE	MCS
Conception et ingénierie	-5,14	-,108	-,365	,412	-,467	,352	,617***	-,158**	2,77	27/8
CFF/SFF	-6,70	,532	-,020	,731	-1,30	,748**	,566***	-,055	8,02**	37/8
Machines CN/CNI	-7,01	,122	,470	,003	-,322	,272	,729***	-,325	8,88**	22/8
Fabrication et assemblage[a]	-6,38	,259	-,085	,225	-1,29**	,549*	,749***	-,096	3,32	41/8
Manutention automatisée du matériel	-5,96	,593	-,331	1,10**	-,080	,349	,551*	,350	3,21	25/8
Tests automatisés	-7,76	-,172	-,752	,921**	1,36***	,158	,847***	,061	5,97	80/8
Communications	-7,71	,469	-,874*	,512	,496	,440	,838***	,405	3,73*	67/8
Contrôleurs programmables	-8,83	-,561	-,109	,632	,777*	,329	1,27***	,137	4,46***	150/8
Ordinateurs de contrôle du processus de production	-9,43	,340	-,879*	-,123	1,00*	-,024	1,29***	,018	5,06***	97/8

\+ Tous les coefficients sont multipliés par 10^{-4}

* Significatif au niveau de 10 pour cent

** Significatif au niveau de 5 pour cent

*** Significatif au niveau de 1 pour cent

a Machines CN/CNI exclues, mais CFF/SFF inclus

Tableau 14

Estimations du modèle (2) pour le grand groupe 30 : Fabrication de produits métalliques

Catégorie de technologie	Variable indépendante									
	int	DR2	DR3	DFO	ALEQ15	LNG	LNN	NOPNOM[+]	IIE	MCS
Conception et ingénierie	-4,98	-,182	-,053	,094	,828	,225	,511***	-1,97	3,68***	39/8
CFF/SFF	-5,56	,917	-,378	,492	-,152	,556	,484**	,464	5,28***	28/8
Machines CN/CNI	-4,95	1,28***	,369	,092	,378	-,099	,445**	,712	4,45***	40/8
Fabrication et assemblage[a]	-5,80	,971*	,054	,369	-,696	,516	,552***	,548	3,65**	37/8
Manutention automatisée du matériel	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Tests automatisés	-4,74	,301	-,194	,337	,180	-,109	,319	,403	5,29***	12/8
Communications	-4,47	-,377	-,185	,133	,047	-,000	,633***	,664	0,69	21/8
Contrôleurs programmables	-6,82	,889	,793**	,370	1,19**	,507	,774***	,229	3,58**	56/8
Ordinateurs de contrôle du processus de production	-6,18	,383	-,067	,237	-,204	,741	,615***	,437	4,31***	35/8

\+ Tous les coefficients sont multipliés par 10^{-4}

* Significatif au niveau de 10 pour cent

** Significatif au niveau de 5 pour cent

*** Significatif au niveau de 1 pour cent

a Machines CN/CNI exclues, mais CFF/SFF inclus

Répercussions de l'analyse statistique de l'enquête canadienne sur les TMP

Il découle des résultats statistiques obtenus ici que l'utilisation des TMP augmente avec la taille des établissements mais ne dépend pas de celle des entreprises intérieures ou internationales ayant des établissements multiples. Cela pourrait signifier, en premier lieu, que les coûts fixes d'acquisition (recherche et rodage) entraînés par ces technologies sont propres à l'usine. L'adoption d'une technologie dans un établissement n'aurait donc pas de retombées positives dans les autres usines de la même entreprise.

En second lieu, il se pourrait que les coûts fixes d'adoption soient relativement importants et ne soient pas propres à une usine particulière, sans que, pour une raison quelconque, cela constitue un handicap pour les entreprises à établissement unique. Dans ce cas, il faudrait qu'il existe des moyens autres que la propriété d'établissements multiples pour économiser sur les frais de recherche et de rodage ainsi que d'intégration.

Un certain nombre d'explications sont possibles. Peut-être les entreprises à établissement unique obtiennent-elles les indications requises en se renseignant auprès des fournisseurs d'équipement, d'ingénieurs-conseils ou de centres technologiques sans but lucratif, ou encore en observant directement les choix d'équipement et les méthodes de mise en oeuvre des entreprises à établissements multiples.

En un mot, les résultats obtenus ici impliquent soit que la possession d'établissements multiples n'est pas une source d'économies dans l'adoption de technologies nouvelles, soit qu'elle n'est pas nécessaire à leur réalisation. Ces deux conclusions possibles se traduisent par des conséquences bien différentes pour les décideurs publics. L'absence de retombées interétablissements signifie qu'il n'existe aucun effet de démonstration; en conséquence, l'une des formes d'effet externe positif que l'on associe souvent à l'adoption de technologies nouvelles n'aurait pas l'importance qu'on lui prête. Ces résultats, donc, ne viennent pas à l'appui d'un des arguments fréquemment invoqués au nom de l'efficience pour justifier les subventions à l'adoption des technologies nouvelles. Les mesures d'encouragement à l'adoption des technologies de pointe pourraient évidemment être justifiées par d'autres arguments fondés sur l'efficience. Nous reviendrons sur cette question à la section IV, à la partie traitant de l'utilisation des technologies de pointe au Canada dans un contexte international.

La deuxième possibilité est qu'il existe un effet de démonstration, mais que l'apprentissage transférable en cause ici soit accessible aux entreprises à établissement unique. Si une contrepartie convenable est versée à cet égard, rien, là encore, ne permet de justifier une intervention publique au nom de l'efficience. Par contre, si les entreprises à établissement unique en bénéficient gratuitement, il existe un effet externe.

Dans ce cas, un appui de l'État à l'adoption des technologies de pointe serait justifié, mais on ne disposerait d'aucun élément pour déterminer le niveau de soutien approprié. On ne peut dire si le soutien actuellement fourni sous forme d'aide fiscale et financière (subventions) à la R-D liée à l'adoption de technologies nouvelles (sans compter les services consultatifs fournis par le CNRC et les conseils de recherche provinciaux) est suffisant. Pour obtenir quelques aperçus sur l'existence et l'ampleur d'un effet externe d'adoption, on pourrait peut-être demander aux entreprises interrogées, dans la prochaine enquête sur les TMP, sur quelles sources de renseignements elles se sont fondées pour choisir, installer et roder les TMP qu'elles ont acquises[13].

L'effet de la taille de l'établissement peut être dû soit à l'existence de coûts fixes d'acquisition propres à l'établissement, soit à des propriétés d'indivisibilité des technologies, soit aux deux facteurs. Le degré d'indivisibilité technologique et l'ampleur relative des coûts d'acquisition devraient tous deux diminuer avec le temps. De plus, toutes choses égales par ailleurs, les technologies relativement anciennes devraient présenter une élasticité d'adoption plus faible vis-à-vis de la taille que les technologies relativement nouvelles. Il n'existe manifestement aucun rapport simple entre l'âge d'une technologie et l'élasticité de son adoption par rapport à l'échelle de l'établissement. Cette question est étudiée plus en détail à la section suivante.

Si l'on admet que l'effet de taille de l'établissement traduit l'existence d'indivisibilités d'un genre ou d'un autre, plusieurs conséquences doivent en être tirées sur le plan de la politique publique. Plusieurs considérations importantes entrent en jeu à cet égard. Premièrement, un petit établissement qui n'utilise pas lui-même les TMP, pourrait peut-être en bénéficier en passant des contrats avec des fournisseurs. Deuxièmement, il se peut que les petits établissements qui n'utilisent pas les TMP, que ce soit directement ou indirectement, soient actifs dans des segments du marché où ces technologies ne sont pas rentables.

Il vaut mieux s'intéresser aux établissements oeuvrant dans les segments du marché où l'utilisation interne des TMP serait avantageuse mais qui sont trop petits pour pouvoir la rentabiliser. Bien entendu, l'adoption des TMP pourrait être rendue rentable pour les intérêts privés en cause par divers mécanismes de subvention et d'aide publique. Cela ne contribuerait toutefois pas à l'efficience économique.

Si les établissements canadiens sont trop petits pour justifier l'adoption des TMP que leurs concurrents étrangers utilisent directement, une solution consisterait, sur le plan de la politique publique, à promouvoir une rationalisation des établissements. On a longtemps soutenu (et l'on dit encore) que l'une des conséquences de la libéralisation du commerce extérieur serait l'apparition d'établissements ressemblant davantage à leurs concurrents étrangers par leur taille et leur spécialisation. Il ne faudrait pas en déduire que la rationalisation est une solution suffisante. En fait, les résultats présentés à la section IV montrent que cela n'est pas le cas.

On peut tirer quelques déductions générales des résultats présentés ici en ce qui concerne le degré de rationalisation nécessaire pour surmonter l'obstacle que représente l'indivisibilité des TMP et de leurs coûts d'acquisition. Bien entendu, il se pourrait qu'une rationalisation plus poussée soit nécessaire si l'on veut exploiter à fond toutes les possibilités d'économies offertes par les TMP de même que celles qui proviennent d'autres sources.

La plus petite et la plus grande des variables muettes de catégories de taille qui sont statistiquement significatives dans les estimations globales (12 grands groupes) du modèle (2) sont présentées au tableau 15. Pour toutes les catégories de technologies considérées, au moins quelques-uns des avantages d'une grande taille peuvent être obtenus par des établissements ne comptant que 100 employés. Le seuil réel pourrait se révéler inférieur à ce chiffre. Le découpage des catégories de taille a été choisi de manière à correspondre aux données publiées du recensement effectué aux États-Unis. Nous n'avons pas essayé de découpage différent.

Il faut peut-être retenir davantage le résultat signalé au tableau 8, à savoir que, dans cinq cas sur neuf, l'effet d'échelle devient statistiquement non significatif avant qu'on atteigne la catégorie de taille la plus importante. Il se pourrait donc que, du point de vue de l'adoption des technologies nouvelles, le degré de rationalisation nécessaire pour surmonter le facteur d'indivisibilité en jeu soit relativement modeste.

Outre qu'elles ont des conséquences sur l'existence d'un effet d'échelle dans le cas des entreprises à établissements multiples, les constatations que nous avons faites au sujet de la propriété étrangère ont aussi des répercussions sur les travaux consacrés aux multinationales et aux transferts de technologie. Ces travaux ont permis d'établir que les multinationales détenaient un avantage dans le transfert de technologies portant sur les produits et les procédés nouveaux. Cela ne semble pas se traduire par un avantage observable dans l'acquisition des TMP.

Les conclusions relatives à l'emplacement des établissements peuvent être envisagées soit sur le plan descriptif, soit sur le plan théorique. Sur le plan descriptif, on peut en déduire que, étant donné la taille de l'établissement, son taux de croissance et son secteur d'activité, les différences globales sont relativement mineures entre l'Ontario et la région de l'Atlantique, ainsi que l'Ontario et l'Ouest canadien, pour ce qui est de l'utilisation des TMP. Dans un certain nombre de cas, par contre, les entreprises du Québec tendent à utiliser davantage les TMP que leurs homologues du reste du pays.

Cela amène à se demander, sur le plan théorique, pourquoi le Québec différerait des autres régions. Il est évidemment possible que la composition des établissements au Québec présente des particularités dont les autres variables explicatives ne tiennent pas compte. Cette situation pourrait également être due à certaines différences dans la conduite de l'enquête sur les TMP ou dans les réponses à l'enquête.

Tableau 15

Catégories de taille statistiquement significatives la plus petite et la plus grande par catégorie de technologie (12 grands groupes)

Catégorie de technologie	Catégorie de taille significative la plus petite*	Catégorie de taille significative la plus grande
Conception et ingénierie	$100 \leq N < 250$	$250 \leq N < 500$
CFF/SFF	$100 \leq N < 250$	$100 \leq N < 250$
Machines CN/CNI	$100 \leq N < 250$	$N \geq 500$
Fabrication et assemblage	$100 \leq N < 250$	$100 \leq N < 250$
Manutention automatisée du matériel	$100 \leq N < 250$	$100 \leq N < 250$
Tests informatisés	$100 \leq N < 250$	$N \geq 500$
Communications	$100 \leq N < 250$	$N \geq 500$
Contrôleurs programmables	$100 \leq N < 250$	$N \geq 500$
Ordinateurs de contrôle du processus de production	$100 \leq N < 250$	$250 \leq N < 500$

*Au niveau de signification de 5 pour cent.

Source : Statistique Canada (1991).

Peut-être cette différence a-t-elle aussi une explication économique, en ce sens qu'elle pourrait tenir à des différences de prix des facteurs, encore que cela semble peu plausible. Elle pourrait enfin traduire une plus grande efficacité des divers programmes fédéraux et provinciaux d'aide à l'industrie dans la province. Cette explication ne paraît pas très convaincante non plus dans la mesure où l'avantage du Québec n'est pas observé dans le cas de toutes les technologies et, même s'il se vérifie en moyenne pour l'ensemble des industries, il n'est pas constaté dans chaque secteur d'activités.

Même si l'on peut spéculer sur leur cause fondamentale, ces résultats vont à l'encontre de la thèse selon laquelle les établissements du Québec seraient systématiquement désavantagés, par la langue par exemple, en matière d'acquisition des TMP.

Suggestions d'amélioration du modèle

Les résultats qui viennent d'être présentés doivent être considérés comme provisoires. Un certain nombre d'améliorations peuvent être apportées. En premier lieu, il est désormais possible de raccorder l'enquête sur les TMP au recensement des manufactures de 1989 plutôt qu'à celui de 1987 utilisé dans cette étude. Les caractéristiques des établissements seraient alors mesurées au moment où l'enquête sur les TMP a été effectuée plutôt que deux ans avant. Cela est particulièrement important pour la mesure du taux de croissance des établissements, qui correspond dans cette étude-ci à un taux de croissance sur cinq ans mesuré deux ans avant l'enquête sur les TMP.

En deuxième lieu, peut-être les établissements relativement nouveaux pourraient-ils être mieux représentés dans l'échantillon apparié. En effet, ils sont mal représentés dans cette étude-ci, ce qui peut avoir influé sur les résultats statistiques.

En troisième lieu, certaines des variables indépendantes pourraient être définies différemment. Le taux de croissance des expéditions nominales pourrait être remplacé par celui de la part de marché — ce qui se rapprocherait d'un taux de croissance réel. Par ailleurs, la proportion des établissements qui, dans une même industrie à trois chiffres, utilisent une technologie donnée pourrait être remplacée par une variable muette à trois chiffres[14]. Cela augmenterait considérablement le nombre de variables indépendantes, mais tout biais du genre décrit dans la note 7 se trouverait ainsi réduit.

La variable dépendante pourrait elle aussi être définie différemment. Le modèle employé ici n'établit de distinction qu'entre les utilisateurs et les non-utilisateurs. Il ne distingue pas les utilisateurs «à la marge» des utilisateurs intensifs, ni les utilisateurs marginaux des utilisateurs extensifs (c'est-à-dire ceux qui mettent en oeuvre plusieurs technologies de pointe). à bien y réfléchir, le fait que la plupart des caractéristiques des établissements ne permettent pas de différencier les utilisateurs des non-utilisateurs est compréhensible étant donné que le groupe des utilisateurs comprend même les usines qui recourent à une technologie de façon extrêmement limitée. La distinction entre les utilisateurs marginaux et les utilisateurs intensifs pourrait se révéler plus instructive. Lefebvre et coll. (1991) établissent une distinction de cette nature lorsqu'ils comparent les caractéristiques des adeptes de première et de deuxième génération des TMP. Jang et Norsworthy (1992) se livrent à un exercice quelque peu similaire dans leur analyse multivariée des déterminants expliquant les différences inter-usines du nombre de TMP utilisées aux États-Unis.

Les résultats de Jang et Norsworthy montrent bien les limites de la distinction utilisateur/non-utilisateur employée dans la présente étude. Ces auteurs constatent tout d'abord que le nombre de TMP utilisées augmente avec la taille

de l'usine, la catégorie de taille la plus importante étant celle où cet effet d'échelle est le plus prononcé. En revanche, l'effet de la taille de l'usine sur la probabilité d'utilisation a souvent disparu lorsqu'on atteint la catégorie de taille la plus importante (voir le tableau 15).

Jang et Norsworthy constatent ensuite que, parmi les usines employant plus de 100 personnes, le nombre de TMP utilisées dans les installations appartenant à des entreprises à établissements multiples est plus élevé que dans celles qui appartiennent à une entreprise à établissement unique. Nous avons constaté au contraire dans cette étude-çi que l'existence d'établissement multiples n'influait pas sur la probabilité d'utilisation des TMP dans une usine particulière.

Jang et Norsworthy constatent enfin que les usines appartenant à des étrangers (aux États-Unis) utilisent plus de TMP que les établissements appartenant à des Américains. L'écart se rétrécit à mesure que la taille des usines augmente. Nous avons constaté ici que la propriété du capital n'influait pas sur la probabilité d'utilisation des TMP dans un établissement particulier.

Les résultats obtenus par Jang et Norsworthy ont quelques implications qui sont intéressantes, sans être toutefois entièrement cohérentes. Il en découle que l'existence d'établissements multiples permet de réaliser des économies dans l'utilisation des TMP quand celle-ci est intensive (plutôt que marginale). C'est dans les plus petites usines que ces économies devraient être les plus marquées, mais Jang et Norsworthy aboutissent au résultat contraire. Les entreprises internationales à établissements multiples paraissent elles aussi économiser sur l'utilisation des TMP quand leur usage est intensif (plutôt que marginal), et les économies sont les plus manifestes dans les usines les plus petites, ainsi qu'on peut s'y attendre. Il convient d'être prudent lorsqu'on veut attribuer intégralement l'effet de propriété aux économies associées aux entreprises internationales à établissements multiples. Les établissements à propriété américaine peuvent appartenir à des multinationales ayant les États-Unis comme pays d'origine. Si cela se vérifiait pour toutes les usines appartenant à des intérêts américains (ce qui est très peu probable), la propriété étrangère devrait être rattachée à d'autres sources d'avantage. L'un des facteurs possibles serait la croissance. Les auteurs n'ont pas tenu compte des taux de croissance relatifs; or, il se peut que les investissements étrangers soient plus importants en proportion dans les secteurs d'activité qui connaissent l'expansion la plus rapide. Un autre facteur auquel on peut penser est l'avantage qu'une entreprise particulière peut détenir sur le plan de la gestion de la production — avantage qu'on reconnaît souvent aux entreprises japonaises et allemandes.

IV Utilisation des technologies de pointe au Canada dans un contexte international

Données existantes

On a généralement considéré par le passé que l'introduction au Canada des technologies nouvelles venant de l'étranger aussi bien que leur diffusion d'une entreprise canadienne à une autre étaient relativement lentes en regard des normes internationales. Cette conclusion est inscrite dans le rapport de 1983 du Conseil économique du Canada intitulé *Les enjeux du progrès : Innovations, commerce et croissance* (p. 72) :

> *«Il ressort de notre analyse que l'importation de nouvelles technologies au Canada se fait à un rythme plutôt lent. Au pays même, le processus de diffusion des innovations d'une entreprise à l'autre et d'une région à l'autre est également caractérisé par une certaine lenteur. Par «technologies nouvelles», nous entendons aussi bien les produits et procédés nouveaux ou améliorés que les innovations sur le plan organisationnel. Bien qu'il y ait des exceptions, les études de cas dont nous disposons montrent que les nouvelles technologies font leur apparition et se répandent moins rapidement au Canada que dans les autres pays occidentaux industrialisés. Cette observations vaut autant pour le secteur de la fabrication que pour le secteur des services.»*

D'autres auteurs ont nuancé ces conclusions. S'il est vrai qu'une nouvelle technologie est généralement introduite plus tard au Canada que dans le reste du monde, le décalage n'est pas plus long au Canada que dans d'autres pays industrialisés. La place relativement avancée que le Canada occupe dans la chaîne de transfert s'explique tant par la proximité des États-Unis que par l'action des multinationales, qui jouent un role relativement important dans les transferts technologiques au Canada (McFetridge et Corvari, 1985, et McFetridge, 1986). Le Canada a également eu tendance à reculer, avec le temps, dans l'ordre de transfert des technologies américaines aux autres pays. Ce fait, combiné à l'importance croissante des technologies industrielles originaires d'Europe et du Japon, signifie peut-être que l'introduction d'une nouvelle technologie au Canada se fait maintenant plus tard en moyenne que dans les pays concurrents.

En ce qui concerne la diffusion interne des nouvelles technologies, la conclusion selon laquelle ce processus se déroulerait plus lentement au Canada qu'à l'étranger repose sur un nombre relativement restreint d'études de cas qui n'ont pas permis d'attribuer ce phénomène à une adoption tardive ou à une faible pénétration en situation d'équilibre. Si l'on exprime le problème sous sa forme la plus simple, l'utilisation plus faible d'une nouvelle technologie au

Canada pourrait s'expliquer soit par la lenteur du processus d'adaptation dans notre pays, soit par l'intérêt limité que cette nouvelle technologie présente pour le Canada.

Ces questions sont réexaminées à la lumière des nouvelles données dont on dispose sur l'utilisation relative des technologies de pointe aux États-Unis et au Canada. Elles sont abordées dans la suite de cette section.

Comparaison des taux d'utilisation des TMP au Canada et aux États-Unis : sources de données

L'enquête américaine de 1988 sur les TMP portait sur cinq grands groupes :

Grand groupe - États-Unis	Code CTI amér.	Code CTI can.
Fabrication de produits métalliques	34	30
Machines industrielles	35	31
Matériel électrique et électronique	36	33
Matériel de transport	37	32
Instruments et produits connexes	38	-

L'enquête menée aux États-Unis ne porte que sur les établissements de 20 personnes ou plus. Elle est stratifiée, la proportion de la population échantillonnée variant selon les strates. On a obtenu les taux estimatifs d'utilisation de la population en pondérant les réponses dans l'échantillon par l'inverse de la proportion de la strate de chaque établissement visé par l'enquête. Les résultats publiés aux États-Unis indiquent donc un pourcentage pondéré d'établissements utilisateurs (prévoyant de l'être, etc.) par grand groupe.

Il existe deux enquêtes au Canada. L'enquête de 1987 sur les TMP porte (approximativement) sur les établissements employant 20 personnes ou plus. C'est une enquête stratifiée, les proportions d'échantillonnage variant selon les strates. Les résultats publiés ne sont pas pondérés. Par conséquent, la strate ayant les plus fortes proportions d'échantillonnage (celle des grands établissements) pourrait bien être surreprésentée. C'est pourquoi, aux yeux de Statistique Canada, les enquêtes canadienne de 1987 et américaine de 1988 ne sont pas comparables.

L'enquête canadienne de 1989 porte sur tous les établissements. Elle est stratifiée, les établissements échantillonnés étant affectés des coefficients de pondération appropriés. Les résultats publiés de cette enquête (Statistique Canada, 1989a, 1989b, 1989c) ne sont pas comparables à ceux de l'enquête américaine et ce, pour trois raisons. Premièrement, l'enquête canadienne porte sur les établissements de moins de 20 employés, ce qui n'est pas le cas aux États-Unis. Deuxièmement, les grands groupes ne sont pas définis exactement de la même manière aux États-Unis et au Canada; aucun grand groupe, au

Canada, n'équivaut à celui des instruments et des produits connexes aux États-Unis; par contre, les quatre autres grands groupes américains se retrouvent, à peu de choses près, au Canada. Troisièmement, les non-répondants sont classés comme des non-utilisateurs aux États-Unis, alors qu'ils sont omis au Canada. Aussi les taux d'utilisation sont-ils minorés aux États-Unis par rapport au Canada.

Ce manque de comparabilité a conduit Statistique Canada à remanier les résultats de son enquête de 1989. L'organisme a pour cela éliminé les établissements comptant moins de 20 employés et reclassé certaines industries à trois chiffres (au Canada) de manière que la composition des grands groupes, au niveau des trois chiffres, soit plus comparable à ce qu'elle est aux États-Unis. Cette dernière opération comporte toutefois des limites. L'échantillonnage est aléatoire à l'intérieur des catégories de taille et des grands groupes; les industries à trois chiffres ne sont pas nécessairement représentatives; le reclassement d'une industrie à trois chiffres déterminés dans un autre grand groupe risque de rendre les deux grands groupes touchés non représentatifs.

Statistique Canada a calculé des estimations du taux d'utilisation des TMP au Canada, dans les établissements comptant 20 employés ou plus et dans cinq grands groupes «remaniés» qui sont censés ressembler à leurs homologues américains. Statistique Canada a également corrigé les taux d'utilisation publiés aux États-Unis de façon que les non-répondants y soient traités comme au Canada. C'est-à-dire que, pour les besoins de la comparaison avec le Canada, l'utilisation des TMP aux États-Unis est exprimée en proportion des établissements ayant répondu à l'enquête plutôt que des établissements échantillonnés. Une comparaison des taux d'utilisation des TMP remaniés pour le Canada et des taux corrigés pour les États-Unis a été publiée par Statistique Canada (1991). Les trois sections qui suivent présentent une analyse des différences que révèlent les taux d'utilisation observés dans chaque pays.

Comparaison de l'utilisation des TMP au Canada et aux États-Unis : résultats statistiques

Des statistiques sommaires correspondant aux réponses obtenues dans les enquêtes sur l'utilisation des TMP au Canada et aux États-Unis sont fournies au tableau 16. Les moyennes présentées dans le tableau sont calculées pour 17 technologies et cinq grands groupes, sans pondération.

Le pourcentage moyen des établissements utilisant des TMP est inférieur de plus de 5 points au Canada à ce qu'il est aux États-Unis. La proportion moyenne d'établissements prévoyant d'utiliser des TMP est inférieure de plus de 3 points au Canada.

Tableau 16

Réponses aux enquêtes canadienne et américaine sur les TMP
Statistiques sommaires (en pourcentage)

Catégorie de réponse	Canada			É.-U.		
	Moyenne	Médiane	Écart-type	Moyenne	Médiane	Écart-type
Utilisation effective	12,7	10,1	10,8	18,2	14,4	13,6
Utilisation prévue d'ici cinq ans	11,8	10,0	6,4	15,1	14,0	6,1
Non applicable	55,2	56,4	12,0	41,4	41,6	9,8
Non rentable	11,5	11,1	6,0	17,5	15,3	7,4
Non utilisé - Autres raisons	8,7	8,3	2,8	6,7	7,0	1,7
Total	100,0			99,0*		

* Il reste, dans les résultats de l'enquête américaine, un terme résiduel de 1 pour cent de non-répondants. Si ces derniers étaient également exclus de l'échantillon, les catégories restantes devraient être majorées de $(0,99)^{-1}$. Cela accroît légèrement l'écart E.-U.-Canada.
Source : Calculs effectués à l'aide de données fournies par Statistique Canada, 1991.

La proportion moyenne des établissements considérant les TMP comme non applicables à leurs activités est de près de 14 points plus élevée au Canada qu'aux États-Unis. Inversement, la proportion moyenne des établissements considérant les TMP comme non rentables et ne s'en servant pas pour cette raison est de 6 points plus faible au Canada qu'aux États-Unis.

Le tableau 17 présente les résultats des tests de l'hypothèse selon laquelle la proportion moyenne d'établissements relevant de chaque catégorie de réponse est la même aux États-Unis et au Canada. La différence entre la proportion moyenne d'établissements au Canada et le pourcentage moyen d'établissements aux États-Unis utilisant des TMP est statistiquement inférieure à zéro. La différence de proportion moyenne entre le pourcentage des établissements utilisateurs au Canada et aux États-Unis est elle aussi statistiquement inférieure à zéro[15].

Les établissements américains sont beaucoup plus portés que leurs homologues canadiens à invoquer le manque de rentabilité pour justifier la non-utilisation des TMP. Les non-utilisateurs canadiens sont beaucoup plus enclins à mentionner le manque d'application des TMP à leurs activités. Ce résultat, qui n'est pas conforme aux attentes, pourrait être dû à la manière différente dont les enquêtes ont été menées dans les deux pays[16].

Tableau 17

Test statistique de la différence de deux moyennes

Catégorie de réponse	Canada-É.-U.	Écart-type	Statistique t
Utilisation effective	-5,6	0,6	-9,52
Utilisation prévue d'ici cinq ans	-3,3	0,5	-7,05
Effective ou prévue d'ici cinq ans	-8,9	0,7	-12,48
Non applicable	13,8	0,9	15,60
Non rentable	-5,9	0,7	-8,55
Non applicable ou non rentable	-7,9	0,7	-11,45

Source : Statistique Canada (1991).

La différence de proportion moyenne d'établissements utilisateurs dans chaque pays peut être répartie entre les grands groupes, les catégories de technologies ou les deux. On ne dispose pas d'un nombre suffisant d'observations, dans chaque catégorie de technologies et chaque grand groupe (deux observations seulement dans certains cas) pour déterminer si les différences sont statistiquement significatives entre les États-Unis et le Canada dans le cadre tant des catégories de technologies que des grands groupes.

Le tableau 18 présente, dans les cinq grands groupes pour lesquels on dispose de données, la proportion moyenne d'établissements utilisant des TMP; cette proportion est plus faible au Canada. Les différences en pourcentage sont analogues dans les grands groupes, à l'exception de la fabrication de produits métalliques, secteur dans lequel l'écart en faveur des États-Unis est un peu moins marqué.

Les différences de pourcentage moyen d'établissements utilisant des TMP par catégorie de technologies figurent aux tableau 19. Ce pourcentage est plus faible au Canada dans toutes les catégories. En termes relatifs, c'est dans les technologies de fabrication et d'assemblage (production flexible, lasers, robots) et la manutention automatisée du matériel que l'écart est le plus prononcé, et dans la conception et l'ingénierie (CAO/IAO) ainsi que les communications (réseaux locaux et grands réseaux) qu'il est le plus mince.

Tableau 18

Pourcentage moyen d'établissements utilisateurs par grand groupe

Grand groupe	Canada	É.-U.	Différence moyenne Canada-É.-U.	Différence moyenne en pourcentage
Fabrication de produits métalliques	9,1	13,2	-4,1*	-27,6*
Machinerie	14,0	18,3	-4,3*	-46,5*
Matériel de transport	12,0	19,4	-7,4*	-54,1*
Matériel électrique et électronique	15,2	21,5	-6,3*	-46,2*
Instruments et produits connexes	13,1	18,7	-5,6*	-43,5*

* Statistiquement significatif au niveau de 5 pour cent.
Source : Statistique Canada (1991).

Comparaison Canada-États-Unis dans une perspective élargie

La conséquence manifeste de la comparaison qui vient d'être présentée entre l'utilisation des TMP au Canada et aux États-Unis est que les établissements utilisateurs sont sensiblement moins nombreux, en pourcentage, au Canada. Or, le thème qui domine le débat suscité récemment aux États-Unis par la diffusion des technologies nouvelles dans ce pays est que nos voisins du sud sont à la traîne de l'Allemagne et, peut-être, du Japon pour ce qui est de l'utilisation des TMP[17]. Par conséquent, le Canada est en retard, sur le plan de l'adoption des technologies nouvelles, sur un pays qui ne s'attribue pas lui-même une très bonne note à cet égard.

Le tableau 20 présente une vue sommaire du taux de pénétration des machines CN/CNI en Allemagne, aux États-Unis et au Canada. Les taux d'adoption enregistrés au Canada sont de beaucoup inférieurs à ceux qu'on observe aux États-Unis (peu importe leur mode de mesure) et en Allemagne. Ainsi que nous l'avons indiqué, les non-répondants et les établissements dont les réponses n'entrent pas dans le cadre prévu sont classés comme des non-utilisateurs dans l'enquête américaine sur les TMP. Lorsqu'on élimine ces cas de l'échantillon, la proportion d'établissements utilisateurs augmente immanquablement. Les États-Unis supportent alors plus avantageusement la

Tableau 19

Pourcentage moyen d'établissements utilisateurs par catégorie de technologie

Numéro de la question	Technologie ou catégorie de technologie	Canada	É.-U.	Différence moyenne Canada-É.-U.	Différence moyenne en pourcentage
1 . . . 3	Conception et ingénierie	19,1	24,8	-5,7*	-33,1*
5	Machines CN/CNI	27,9	42,2	-14,3*	-46,6*
4, 6 . . . 8	Fabrication et assemblage	5,2	8,4	-3,2*	-56,9*
9 - 10	Manutention automatisée du matériel	1,6	3,0	-1,4	-55,6
11 - 12	Tests informatisés	9,5	13,8	-4,3*	-35,7*
13 . . . 15	Communications	14,6	19,8	-5,2*	-33,2
16	Contrôleurs programmables	24,0	35,5	-11,5*	-38,6*
17	Ordinateurs de contrôle des processus de production	19,6	31,2	-11,6*	-46,3*

* Statistiquement significatif au niveau de 5 pour cent.
Source : Statistique Canada (1991).

comparaison avec l'Allemagne, sur laquelle ils n'accusent un retard que dans la plus grande catégorie de taille.

Les taux d'utilisation de robots industriels dans les grandes entreprises des États-Unis et du Japon ont été estimés par Mansfield (1989). Ce dernier a constaté que la proportion de grandes entreprises qui utilisaient des robots en 1985 était généralement plus élevée aux États-Unis dans les secteurs étudiés (1989, tableau 4). Cependant, il a également relevé que les entreprises japonaises utilisaient les robots de manière beaucoup plus intensive que leurs homologues américains, c'est-à-dire que le taux de diffusion intra-entreprise était plus élevé au Japon (1989, pp. 189-191). Pour Mansfield, cette différence est due principalement au fait que les entreprises japonaises s'accommodent de taux de rendement moins élevés sur leurs investissements en robotique que les entreprises américaines.

Tableau 20

Établissements utilisant des machines CN/CNI dans cinq catégories de taille : Canada (1989), États-Unis (1988), Allemagne (1986)

Taille de l'établissement (Nbre d'employés)	Canada	États-Unis		Allemagne
		Comparable au Canada	Données publiées	
Moins de 20	7	NA	NA	15,8
20-99	21	39	35,9	36,0
100-49	42	54	50,0	55,9
500 et plus	65	73	69,8	87,3

Sources : Congrès des États-Unis, Bureau d'évaluation et de prévisions technologiques (1990), tableau 6-1; Statistique Canada.

Tableau 21

Établissements canadiens et américains utilisant des robots multifonctions programmables (en %)

Industrie	Canada	États-Unis
Fabrication de produits métalliques	3	5
Machines et équipement	3	6
Matériel électrique et électronique	4	8
Matériel de transport	7	12
Instruments et produits connexes	5	5

Source : Statistique Canada (1991), tableaux 15-19.

La proportion des établissements de fabrication canadiens qui utilisent des robots du type étudié par Mansfield est généralement plus faible qu'aux États-Unis. C'est ce qui ressort du tableau 21. Bien que l'écart ne soit pas forcément aussi important au niveau des grandes entreprises, ces résultats indiquent que le Canada supporterait moins avantageusement une comparaison avec le Japon qu'avec les États-Unis pour ce qui est de l'utilisation des robots dans l'industrie.

L'ampleur de l'automatisation dans les établissements employant 10 personnes ou plus a été étudiée dans le secteur du travail des métaux en Italie par

Cainarca, Colombo et Mariotti (1989). Ce secteur semble correspondre grosso modo aux grands groupes visés dans la comparaison Canada-États-Unis dont il vient d'être question[18]. En outre, les trois enquêtes portent sur des technologies ou des catégories de technologies analogues. Il s'agit des machines-outils CN, des robots programmables, des robots de mise en place et de la conception ou fabrication assistée par ordinateur (CAO/FAO). L'Italie, pour l'utilisation des trois premières technologies en 1985, se tire bien d'une comparaison avec l'utilisation observée aux États-Unis en 1988, laquelle est supérieure à l'utilisation des mêmes technologies au Canada en 1989. L'adoption de la CAO/FAO semble par contre extrêmement faible en Italie par rapport tant aux États-Unis qu'au Canada. En fait, l'écart est si marqué qu'il amène à s'interroger sur la comparabilité des définitions respectives de la CAO/FAO en Italie et en Amérique du Nord. Le tableau 22 fournit les résultats détaillés de cette comparaison.

Tableau 22

Comparaison de l'utilisation de certaines technologies manufacturières de pointe au Canada (1989), aux États-Unis (1988) et en Italie (1985)

Technologie	Pays		
	Canada	États-Unis	Italie
	(pourcentage d'établissements utilisateurs)		
Machines-outils CN	27	45	51
Robots de mise en place	5	8	8
Robots programmables	4	6	8
CAO/FAO	12	18	1

Sources : Statistique Canada (1991), tableau 17; Cainarca, Colombo et Mariotti (1989), tableau 1 (pourcentages arrondis).

L'Australie a effectué une enquête sur les TMP en 1988 (Bureau australien de la statistique, 1989). Cette enquête portait sur les établissements de fabrication comptant dix employés ou plus. Les résultats sont publiés par grand groupe ou ensemble de grands groupes. Deux des grands groupes visés par l'enquête australienne s'apparentent par leur composition aux grands groupes canadiens entrant dans la comparaison Canada-États-Unis : la fabrication de produits métalliques et le matériel de transport.

La proportion moyenne d'établissements utilisant des TMP en Australie et au Canada est présentée pour deux grands groupes similaires (moyenne établie pour 17 technologies) et huit catégories de technologies (moyenne établie sur

l'ensemble des technologies comprises dans la catégorie et deux grands groupes) au tableau 23. Étant donné que l'enquête faite en Australie englobe les établissements employant 10 personnes ou plus tandis que, au Canada, les résultats concernent les établissements de 20 employés ou plus, il serait normal que la proportion d'établissements utilisateurs soit plus élevée au Canada. Elle est effectivement sensiblement plus élevée, sauf dans le cas des machine CN/CNI, pour lesquels les deux pays affichent des taux d'utilisation analogues[19].

Tableau 23

Pourcentage moyen d'établissements utilisant des TMP par grand groupe et catégorie de technologie : Australie (1988) et Canada (1989)

Grand groupe		Pourcentage moyen d'utilisateurs Australie	Canada
Fabrication de produits métalliques		3,4	9,1
Matériel de transport		8,2	12,0
Numéro de la question	Catégorie de technologie		
1 . . . 3	Conception et ingénierie	8,3	13,5
5	Machines CN/CNI	20,0	21,7
4, 6 . . . 8	Fabrication et assemblage	3,1	4,8
9 - 10	Manutention automatisée du matériel	0,5	2,5
11 - 12	Tests informatisés	3,3	8,7
13 . . . 15	Communications	4,8	12,1
16	Contrôleurs programmables	11,5	21,9
17	Ordinateurs de contrôle du processus de production	7,5	17,1

Source : Statistique Canada (1991); Bureau australien de la statistique (1989).

Sources des différences de taux d'adoption au Canada et aux États-Unis

On peut songer à plusieurs facteurs pour expliquer les différences observées entre le Canada et les États-Unis quant au pourcentage d'établissements utilisant des TMP. L'explication la plus plausible est que les établissements sont généralement plus petits au Canada qu'aux États-Unis, ce qui rend l'adoption des TMP moins rentable chez nous. Nous avons fourni à la section III des renseignements au sujet de l'effet de la taille des établissements sur l'utilisation des TMP. Les établissements relativement petits sont moins susceptibles d'utiliser les nouvelles technologies.

Statistique Canada a calculé les taux d'adoption des TMP qui seraient observés au Canada si chacun des cinq grands groupes canadiens entrant dans la comparaison présentaient la même composition, quant à la taille des établissements, que leurs homologues américains. Les taux d'adoption corrigés de l'échelle qui sont obtenus au moyen de ce calcul figurent au tableau 24. Le

Tableau 24

Pourcentage, corrigé de l'échelle, d'établissements utilisateurs au Canada

Industrie ou catégorie de technologie Grand groupe	Pourcentage moyen d'utilisateurs Corrigé de l'échelle	 Non corrigé
Fabrication de produits métalliques	9,5	9,1
Machinerie	15,3	14,0
Matériel de transport	15,4	12,0
Matériel électrique et électronique	16,9	15,2
Instruments et produits connexes	16,5	13,1
Catégorie de technologie		
Conception et ingénierie	21,1	19,0
Machines CN/CNI	30,6	27,9
Fabrication et assemblage	7,0	5,2
Manutention automatisée du matériel	2,1	1,6
Tests informatisés	11,3	9,5
Communications	17,0	14,6
Contrôleurs programmables	28,1	24,0
Ordinateurs de contrôle du processus de production	22,2	19,6
Total	14,7	12,7

Source : Statistique Canada, tableaux spéciaux et tableaux 18 et 29.

Tableau 25

Différences, corrigées de l'échelle, de pourcentage d'établissements utilisateurs par grand groupe

Grand groupe	Différence moyenne Canada-É.-U.	Différence moyenne en pourcentage
Fabrication de produits métalliques	-3,7*	-22,9
Machinerie	-3,0*	-31,5*
Matériel de transport	-4,0*	-26,2*
Matériel électrique et électronique	-4,7*	-32,0*
Instruments et produits connexes	-2,2	-13,8

* Statistiquement significatif au niveau de 5 pour cent.
Source : Tableaux 18 et 24.

taux d'utilisateurs des TMP corrigé de l'échelle est supérieur de 2 points au taux brut ou non corrigé. Cependant, même après cette prise en compte de la taille des établissements, le pourcentage d'utilisateurs des TMP est moins élevé au Canada qu'aux États-Unis. La différence moyenne, égale à 3,54 points, est statistiquement significative. Les différence absolues et relatives (en pourcentage) entre la proportion d'utilisateurs des TMP au Canada et aux États-Unis sont présentées aux tableaux 24 et 25. Il en ressort que l'écart se maintient entre les États-Unis et le Canada en ce qui concerne l'adoption des nouvelles technologies — dans au moins certaines catégories de taille et d'établissements — dans tous les grands groupes visés et toutes les catégories de technologies.

On notera que c'est dans l'industrie du matériel de transport que la correction de l'effet de taille réduit le plus l'écart entre les taux d'utilisation dans les deux pays. Dans cette industrie, la différence en pourcentage entre les proportions d'utilisateurs est réduite de moitié.

On observe un écart dans au moins certaines catégories de taille (voir les tableaux 25 et 26). Le phénomène n'est pas nécessairement observé dans toutes les catégories de taille, ce qui n'est évidemment pas sans importance pour la détermination des causes fondamentales de cet écart. Statistique Canada a pu procéder à une comparaison Canada-États-Unis dans le cadre des catégories de taille d'établissements et des grands groupes. Les résultats de la comparaison sont fournis au tableau 27.

Ce tableau met en comparaison les proportions d'établissements canadiens et américains utilisant au moins une TMP par catégorie de taille et par grand

Tableau 26

Différences, corrigées de l'échelle, de pourcentage d'établissements utilisateurs par catégorie de technologie

Numéros de la question	Technologie ou catégorie de technologie	Différence moyenne Canada É.-U.	Différence moyenne en pourcentage
1 . . . 3	Conception et ingénierie	-3,7	-22,9
4, 6 . . . 8	Fabrication et assemblage	-1,4	-26,8*
5	Machines CN/CNI	-11,7	-36,6*
9 - 10	Manutention automatisée du matériel	-0,9	-32,4
11 - 12	Tests informatisés	-2,5	-19,1
13 . . . 15	Communications	-2,8*	-18,4
16	Contrôleurs programmables	-7,4*	-23,4
17	Ordinateurs de contrôle du processus de production	-9,0*	-35,1*

* Statistiquement significatif au niveau de 5 pour cent

Source : Tableaux 19 et 24.

groupe. Il en ressort que la probabilité d'utilisation d'une ou de plusieurs TMP diffère surtout dans la catégorie des établissements employant de 20 à 99 personnes. Il se peut évidemment que les établissements canadiens plus importants utilisent un moins grand nombre de TMP ou se servent d'une TMP donnée de manière moins intensive que leurs homologues américains. Les États-Unis n'ont pas publié de statistiques sur la fréquence avec laquelle deux ou trois TMP, ou plus, sont utilisées selon les grands groupes et les différentes catégories d'établissement. Aucune des deux enquêtes ne fournit de renseignements sur la diffusion intra-établissement de TMP particulières.

Plusieurs raisons expliquent les différences entre les taux d'adoption des TMP observés au Canada et aux États-Unis au sein d'une même catégorie de taille d'établissement et d'un grand groupe. D'abord, la composition des grands groupes diffère d'un pays à l'autre. Par exemple, celui du matériel de

transport se compose d'un certain nombre d'industries : aéronefs et pièces; automobiles et pièces; carrosseries de camions; construction navale; construction d'embarcations; et fabrication de matériel ferroviaire roulant. Certaines de ces industries utilisent davantage les TMP que d'autres. Si celles qui font appel de façon relativement fréquente aux TMP représentent une plus forte proportion du grand groupe du matériel de transport aux États-Unis qu'au Canada, le pourcentage d'utilisateurs mesuré au niveau des grands groupes sera plus élevé aux États-Unis, même si la proportion d'utilisateurs est la même dans les deux pays dans les diverses industries qui composent le groupe.

La meilleure façon d'éliminer ce problème consiste à comparer l'utilisation des TMP dans les deux pays au niveau des industries (à trois chiffres).

Tableau 27

Pourcentage d'établissements utilisant au moins une technologie

	Catégorie de taille (nombre d'employés)					
	20 - 99		100-499		500 ou plus	
Grand groupe	Can.	É.-U.	Can.	É.-U.	Can.	É.-U.
Fabrication de produits métalliques	43	57	79	87	99	97
Machinerie	67	76	92	94	99	99
Matériel électrique et électronique	60	72	87	89	94	98
Matériel de transport	41	52	68	84	97	98
Instruments et produits connexes	43	69	93	89	99	99

Source : Statistique Canada (1991).

Malheureusement, Statistique Canada ne considère pas les établissements comme suffisamment précis au niveau des trois chiffres, dans son enquête sur les TMP, pour ce genre de comparaison[29]. Afin de nous faire une idée de l'importance de l'effet exercé par la composition des grands groupes, nous avons recalculé l'utilisation des TMP aux États-Unis pour l'un de ces groupes (celui du matériel de transport) en présumant que sa composition (en industries à trois chiffres) était la même qu'au Canada.

Les résultats de ce calcul sont résumés au tableau 28 : celui-ci révèle que l'utilisation des TMP, dans le grand groupe du matériel de transport aux États-

Tableau 28

Effet de la correction des différences de composition des groupes sur l'utilisation des TMP dans le grand groupe du matériel de transport

Technologie (numéro de question)*	Pourcentage d'utilisateurs aux É.-U.	Pourcentage d'utilisateurs aux É.-U. avec coefficients de pondération canadiens	Différence en pourcentage Canada-É.-U. sans correction	Différence en pourcentage Canada-É.-U. avec correction
1	43,9	42,2	-47,0	-20,3
2	18,3	18,1	-51,5	-29,8
3	11,0	10,9	-66,7	-33,4
4	13,8	12,0	-55,6	-19,4
5	41,0	39,8	-44,0	-32,7
6	6,6	6,2	-138,5	-95,8
7	11,4	9,6	-65,1	-10,2
8	11,6	10,2	-44,2	18,3
9	5,2	5,0	-56,8	-21,9
10	3,6	3,3	-57,1	-16,8
11	13,9	12,7	-28,8	7,2
12	15,9	14,7	-30,4	0,8
13	24,2	22,6	-45,1	-11,3
14	20,6	19,4	-50,5	-20,7.
15	23,8	21,0	-51,9	-2,2
16	35,2	32,1	-44,0	-10,4
17	30,1	27,3	-37,9	-13,8
Moyenne	19,4	18,1	-53,8	-18,4

* Les technologies sont énumérées au tableau 1.

Unis, serait de 0,1 à 3,1 points plus faible si la composition de ce groupe était la même qu'au Canada. Ce résultat s'explique par le fait que les fabricants de matériel ferroviaire roulant sont relativement plus importants au Canada dans ce grand groupe, tout comme la construction navale et la construction d'embarcations. L'importance de l'industrie des aéronefs et de celle des véhicules automobiles (pièces comprises) est réduite en conséquence[21]. Or, il se trouve que les TMP sont beaucoup moins utilisées dans la construction navale et la construction de petites embarcations que dans l'industrie automobile (pièces comprises). Si le grand groupe du matériel de transport aux

États-Unis était composé de la même manière, au niveau des industries à trois chiffres, qu'au Canada (c'est-à-dire s'il comprenait davantage de construction navale et de construction d'embarcation et moins de fabrication de véhicules automobiles et de pièces d'automobiles), son taux d'utilisation des TMP serait réduit de 1,3 point en moyenne.

Le tableau 28 montre également que la correction des différences d'échelle et de composition des grands groupes entraîne une diminution prononcée de l'écart entre les taux d'utilisation au Canada et aux États-Unis. La différence moyenne d'utilisation en pourcentage tombe de 54 à 18 pour cent (la différence d'utilisation en pourcentage est définie à la note 14). Il importe toutefois de noter que ce résultat est probablement dû à une surcorrection des différences d'échelle et de composition des grands groupes, dans la mesure où certaines industries pourraient être des utilisateurs plus fréquents de TMP parce qu'elles comptent une plus forte proportion d'établissements de grande taille.

Un phénomène connexe, qui permettrait d'expliquer les différences observées entre l'utilisation des TMP au Canada et aux États-Unis, est la propension supérieure des entrepreneurs travaillant dans le domaine de la défense à utiliser des TMP, par rapport aux entreprises engagées uniquement dans la production civile; or, les établissements travaillant pour la défense sont relativement plus nombreux aux États-Unis qu'au Canada. Ainsi que l'indique le tableau 29, les établissements américains fabriquant des produits conformes aux normes militaires sont plus susceptibles de mettre en oeuvre des TMP que les autres entreprises américaines. Cette différence est particulièrement notable dans le cas des machines CN/CNI. Quelque 58 pour cent des usines se conformant aux paramètres fixés par les militaires se servent de ces machines, contre seulement 37 pour cent des usines qui n'ont pas à respecter des cahiers des charges militaires dans leur production.

La différence (en pourcentage) entre les taux d'adoption des TMP dans les établissements ne travaillant pas pour la défense, au Canada et aux États-Unis, est plus faible (moins négative) au niveau global. Dans le cas des machines CN/CNI, les différences sont de 50 et de 31 pour cent respectivement[22]. à noter, cependant, que la comparaison entre l'utilisation des TMP au Canada et leur utilisation non militaire aux États-Unis fait plus que compenser l'écart entre les proportions d'établissements travaillant pour la défense dans les deux pays, dans la mesure où une production considérable est destinée à des fins militaires au Canada.

Il se peut que les établissements faisant partie d'une industrie ou d'un grand groupe donné soient spécialisés ou, à tout le moins, axés sur un stade de production particulier. Les divers stades de production peuvent différer par leur capacité respective de recourir aux TMP, ainsi que l'indiquent les deux dernières colonnes du tableau 29. L'utilisation des machines CN/CNI est

Tableau 29

Effet du type de client et de production sur l'utilisation des TMP au États-Unis

Technologie (numéro de question)	Pourcentage d'établissements utilisateurs Moyenne pondérée* cinq grand groupes					
	Canada	É.-U.	É.-U. militaire	É.-U. non militaire	É.-U. fabrication	É.-U. assemblage
1	34	42	49	39	31	50
2	12	18	25	14	22	11
3	6	11	14	9	10	14
4	9	12	15	9	10	12
5	27	45	58	37	54	15
6	2	5	9	3	4	11
7	5	8	7	8	4	6
8	4	6	7	6	4	6
9	2	3	5	3	1	5
10	2	2	2	1	1	2
11	7	11	16	7	9	13
12	10	14	19	10	12	18
13	15	21	25	18	14	27
14	11	18	22	18	12	23
15	11	16	18	16	15	19
16	23	35	42	31	32	31
17	17	30	37	26	25	33
Moyenne	12	17	21	15	15	17

* Il s'agit du taux d'utilisation moyen global. Ce taux est analogue à une moyenne pondérée parce qu'il permet aux grands groupes qui comptent le plus d'établissements d'avoir un coefficient de pondération supérieur.
Sources : Statistique Canada (1991), tableau 17; Bureau du recensement des États-Unis.

plus de trois fois plus élevée dans les établissements américains de fabrication que dans ceux qui se livrent au montage (assemblage). Il se pourrait que, dans un grand groupe (ou une industrie) donné, les établissements canadiens soient spécialisés dans l'assemblage tandis que leurs homologues américains se livrent davantage à des activités de fabrication. Cela constituerait une autre explication possible à la différence marquée d'utilisation des machines CN/CNI dans les deux pays.

Cette explication ne peut être généralisée à la plupart des autres technologies. Ces dernières tendent à être mises en oeuvre davantage par les établissements se livrant à des opérations d'assemblage ou de montage que par les établissements de fabrication. Si les établissements canadiens étaient généralement davantage axée sur le montage que les établissements américains, ils utiliseraient davantage les TMP (toutes choses étant égales par ailleurs). Si l'on voulait lui donner une portée générale, il faudrait que l'explication reposant sur le stade de production soit reformulée, étant donné que les établissements canadiens se livrent à un moins grand nombre d'activités dans lesquelles les TMP sont utilisées de manière intensive que les établissements américains. Rien ne prouve que cela soit le cas.

En résumé, l'écart constaté entre les taux d'utilisation des TMP aux États-Unis et au Canada est en partie attribuable aux différences de taille des établissements manufacturiers dans les deux pays. Une forte proportion de cet écart doit toutefois être imputée à d'autres facteurs. L'un d'eux est la composition du secteur manufacturier. Les industries manufacturières les plus susceptibles de mettre en oeuvre les TMP sont plus importantes aux États-Unis qu'au Canada. Au sein d'une industrie déterminée, les établissements peuvent différer par la nature de leur clientèle et le stade de production auquel ils se situent. La production conforme aux exigences techniques de la défense est plus importante aux États-Unis qu'au Canada, de même que, peut-être, la fabrication par rapport à l'assemblage. Or, les TMP semblent être davantage utilisées dans les établissements qui travaillent pour la défense. De plus, l'utilisation de certaines TMP est plus fréquente dans les établissements se livrant principalement à des activités de fabrication.

Interprétation des différences d'utilisation des TMP observées entre le Canada et les États-Unis

Si on les considère dans leur ensemble, les résultats dont nous venons de faire état impliquent que les établissements manufacturiers canadiens sont moins susceptibles de mettre en oeuvre des technologies de pointe que leurs homologues américains. Cet écart se constate dans chacun des cinq grands groupes visés par les enquêtes et dans chacune des catégories de technologies. Il se manifeste avec évidence dans la plus petite catégorie de taille (établissements de 20 à 99 employés). Il pourrait ou non exister dans les catégories de taille supérieures. Dans une catégorie de taille donnée, l'écart est vraisemblablement dû en partie à l'importance plus grande, aux États-Unis, des industries et des produits (à destination militaire notamment) qui nécessitent la mise en oeuvre de TMP.

Il reste un écart résiduel. Celui-ci est à peu près le même, en proportion, pour les technologies qui commencent à être diffusées et pour les technologies parvenues à maturité (voir le tableau 30). Il en résulte que le problème du Canada ne tient pas uniquement à l'adoption tardive des nouvelles technologies.

Tableau 30

Différence d'utilisation en pourcentage, corrigée de l'échelle, selon l'âge de la technologie

Question	Catégorie de technologie	Age	Différence d'utilisation en pourcentage, corrigée de l'échelle
1 . . . 3	Conception et ingénierie	0,48	-22,9
4, 6 . . . 8	Fabrication et assemblage	0,38	-26,8
5	Machines CN/CNI	0,81	-36,6
9 - 10	Manutention automatisée du matériel	0,30	-32,4
11 - 12	Tests informatisés	0,49	-19,1
13 . . . 15	Communications	0,48	-18,4
16	Contrôleurs programmables	0,73	-23,4
17	Ordinateurs de contrôle du processus de production	0,56	-35,1

* L'âge est défini ainsi : [Nombre d'établissements utilisant une technologie/(Nombre d'établissements utilisant une technologie + Nombre d'établissements prévoyant de l'utiliser)]. Il varie entre zéro et un. Il est calculé sous forme de moyenne pondérée pour les États-Unis et le Canada.

Sources : Statistique Canada (1991); et tableau 24.

L'écart est plus marqué dans le cas des machines CN/CNI, qui sont disponibles depuis plus de 30 ans (Hicks, 1986, tableau 20) que pour la conception assistée par ordinateur, qui a fait son apparition (hors du secteur de la défense) il y a environ 20 ans (Kaplinsky, 1983 p. 41).

Le rapport entre l'âge d'une technologie et l'écart entre son taux d'utilisation au Canada et aux États-Unis mérite d'être étudié plus à fond. Une mesure approximative de l'âge d'une technologie est AGE_{ij} = (Pourcentage d'établissements du jème grand groupe utilisant la ième technologie) / (Pourcentage des établissements du jème grand groupe utilisant la ième technologie +

Tableau 31

Âge et coût de la technologie invoqués comme raison de sa non-adoption

Question	Catégorie de technologie	Coût	Âge
1 . . . 3	Conception et ingénierie	0,18	0,48
4, 6 . . . 8	Fabrication et assemblage	0,17	0,81
5	Machines CN/CNI	0,21	0,38
9 - 10	Manutention automatisée du matériel	0,28	0,30
11 - 12	Tests informatisés	0,23	0,49
13 . . . 15	Communications	0,18	0,48
16	Contrôleurs programmables	0,15	0,73
17	Ordinateurs de contrôle du processus de production	0,18	0,56

Pourcentage des établissements du jème grand groupe prévoyant d'utiliser la ième technologie).

Cette variable peut être élaborée à l'aide soit de l'enquête canadienne, soit de l'enquête américaine sur les TMP. La valeur de AGE est présentée par catégorie de technologies au tableau 30.

Plus cela fait longtemps qu'une technologie a fait son apparition, moins elle devrait être coûteuse. Le coût d'une technologie devrait donc jouer un moins grand rôle dans sa non-utilisation à mesure qu'elle prend de l'âge. La proportion des non-utilisateurs d'une technologie qui justifient leur décision par le coût de cette dernière peut également être calculée à partir de l'enquête canadienne, de l'enquête américaine ou des deux. Cette proportion, calculée à l'aide des deux enquêtes, est fournie par catégorie de technologies au tableau 31, qui permet de constater que, à mesure qu'une technologie prend de l'âge, son coût devient de moins en moins une raison de ne pas l'utiliser. Ce rapport est confirmé par les régressions suivantes :

$$NCE_{ij} = \underset{(4,82)}{0,27 - 0,15\ AGE_{ij}} \qquad r = 0,47 \qquad N = 85$$

(statistique t entre parenthèses)

et

$$\ln [NCE / (1\text{-}NCE)]_{ij} = -0{,}96 - \underset{(4{,}90)}{0{,}95}\ AGE_{ij} \qquad r = 0{,}47 \qquad N = 85$$

où NCE_{ij} = proportion de non-utilisateurs du jème grand groupe invoquant le manque de rentabilité pour justifier la non-utilisation de la ième technologie.

À mesure qu'une technologie prend de l'âge, son champ d'application devrait s'élargir et sa diffusion devenir plus égale entre les différents secteurs d'activité. Par conséquent, la variance du taux d'utilisation entre les industries devrait être plus faible pour les technologies relativement anciennes que pour les plus récentes. Cette relation est confirmée par les régressions suivantes :

$$COV3U_i = 0{,}19 + \underset{(8.84)}{0{,}15} / AGEi \qquad N = 85 \qquad r = 0{,}70$$

(statistique t entre parenthèses)

où $COV3U_i$ = coefficient de variation (écart-type divisé par la moyenne) du pourcentage d'établissements dans chacune des industries à trois chiffres visées par l'enquête américaine qui utilisent la ième technologie (tableau spécial de Statistique Canada).

En résumé, le vieillissement d'une technologie peut se caractériser par :

- une diminution du rapport entre les utilisateurs en puissance et les utilisateurs effectifs;

- une importance décroissante du coût comme motif de non-utilisation;

- un rétrécissement des écarts de taux d'utilisation entre industries.

Ces mesures du vieillissement d'une technologie peuvent être incorporées à un test statistique du postulat voulant que l'écart entre les taux d'adoption soit plus marqué (c'est-à-dire moins favorable au Canada) pour les technologies les plus récentes et les plus anciennes. On peut appliquer ce test en neutralisant l'influence éventuelle de deux autres facteurs sur l'écart entre les taux d'adoption d'une technologie :

- les différences tenant à la taille respective des établissements;

- les différences dues à l'importance relative de la production destinée à la défense.

On tient compte des différences de taille d'établissements en comparant le taux d'adoption des technologies au Canada, corrigé de l'échelle, au taux américain. La différence en pourcentage entre le taux d'adoption canadien corrigé de l'échelle et le taux américain est la variable dépendante dans l'analyse.

On peut mesurer l'effet de la production destinée aux besoins militaires (MILNOMi) par le rapport entre la proportion des établissements américains dont la production est conforme aux exigences des militaires et qui utilisent la

ième technologie et la proportion des établissements militaires utilisant la même technologie qui ne produisent pas pour la défense. Ce rapport reflète l'importance de la production militaire à titre de facteur explicatif de l'utilisation des technologies nouvelles aux États-Unis. L'effet éventuel de la production militaire sur l'utilisation des TMP au Canada n'est pas pris en compte.

L'estimation du modèle d'écart entre les taux d'adoption produit les résultats suivants :

$$PDUA_{ij} = \underset{}{-1,35} + \underset{(2,67)}{5,24}\ AGE_{ij} - \underset{(2,51)}{4,35}\ AGESQ_{ij}$$

$$- \underset{(2,37)}{0,31}\ MILNOM_i - \underset{(1,45)}{1,26}\ NCE_{ij} + \underset{(1,56)}{0,81}\ COV3U_i$$

$$R^2 = 0,10 \qquad N = 85$$

où $PDUA_{ij}$ = différence en pourcentage entre le taux d'adoption au Canada, corrigé de l'échelle, et le taux d'adoption aux États-Unis de la ième technologie dans le jème grand groupe.

Les résultats confirment que l'écart entre les taux d'adoption est plus important dans le cas des technologies utilisées de manière intensive par les usines dont la production est conforme aux exigences militaires . Cet écart commence par se rétrécir, avant de s'élargir, à mesure que l'âge d'une technologie (mesuré par la proportion entre les utilisateurs effectifs et éventuels) augmente. Cet écart se creuse en fonction de l'âge dans le cas des technologies ayant fait leur apparition depuis au moins 0,6. Les machines CN/CNI, les contrôleurs programmables et les ordinateurs de contrôle du processus de production relèvent de cette catégorie.

Les autres variables explicatives ne sont pas significatives. Le coefficient négatif de NCE implique que, plus le coût d'une technologie contribue à sa non-utilisation, plus l'écart est important. Une influence compensatrice est exercée par COV3U, selon lequel plus la diffusion de la technologie est inégale entre les industries, moins l'écart est prononcé.

Il ressort de ces résultats que le «problème» du Canada peut tenir aussi bien à la lenteur dont il fait preuve dans l'adoption des technologies nouvelles qu'à leur non-adoption. En effet, le Canada semble être généralement davantage à la traîne des États-Unis dans les catégories de technologies les plus nouvelles et les plus anciennes. La première constatation vient à l'appui des préoccupations exprimées dans des études antérieures du Conseil économique (Conseil économique du Canada, 1983) au sujet de la lenteur qui caractérise l'introduction des technologies nouvelles au Canada et leur diffusion dans le pays ensuite. La seconde constatation voudrait dire que le taux de *pénétration finale* de ce que Ray (1989) appelle les technologies mûres ou saturées est

plus faible au Canada que dans les autres pays industrialisés. La question, en l'espèce, n'est pas de savoir si le Canada adopte ces technologies assez vite, mais de déterminer pourquoi les technologies en cause ont, en fin de compte, moins d'applications au Canada. En conséquence, il semble être au moins aussi important d'élucider les différences observées entre le Canada et les États-Unis pour ce qui est du pourcentage d'établissements considérant une technologie comme applicable (voir les tableaux 16 et 17) que d'expliquer les écarts entre les pourcentages respectifs d'établissements utilisant une technologie donnée. En fait, il se pourrait que l'écart de taux d'utilisation soit nul *entre les établissements considérant une technologie comme applicable à leurs activités*[23].

Répercussions pour les décideurs publics

La différence de taux d'adoption dont nous venons de traiter pourrait être éliminée en partie grâce à l'Accord de libre-échange, mais ce n'est pas parce que les établissements canadiens atteindraient la même taille que leurs rivales américaines qu'elles auraient nécessairement le même taux d'utilisation des TMP[24]. Peut-être qu'une meilleure intégration du marché des TMP, conjuguée à un renforcement des liaisons horizontales et verticales entre les entreprises américaines et canadiennes, aurait un effet bénéfique. Cela dépendrait des raisons pour lesquelles les établissements canadiens sont à l'heure actuelle moins disposés à mettre en oeuvre les TMP que leurs homologues américaines.

Une des conséquences de ces résultats est que la taille minimale à partir de laquelle les TMP sont rentables est plus élevée au Canada qu'aux États-Unis. Il en découle que les coûts fixes d'adoption sont supérieurs au Canada. Il pourrait ou non en aller de même pour les coûts variables d'adoption. Les enquêtes sur les TMP ne fournissent aucun renseignement direct à ce sujet.

Les effets respectifs des écarts de coûts d'adoption fixes et variables peuvent être illustrés à l'aide du modèle simple qui suit. Posons que le coût d'adoption est :

$$CA = c_0 + c_1 IQ$$

où CA = coût d'adoption, en valeur actuelle, par établissement I = proportion des activités de l'établissement auxquelles une TMP s'applique, I = 0...1 et Q = taille de l'établissement. Exprimons les quasi-rentes résultant de l'adoption d'une TMP sous la forme :

$$RA = r_1(I - r_2 I^2) Q \qquad r_1 \geq 2 r_2$$

où RA = quasi-rente en valeur actuelle

La proportion optimale d'activités auxquelles une TMP particulière s'applique est

$$I^* = (r_1 - c_1)/2r_2$$

La taille minimale à partir de laquelle l'adoption devient rentable (c.-à-d. $I > 0$) est

$$Q^* = 4c_0r_2 / (r_1 - c_1)^2$$

La taille minimale Q^* est une fonction croissante du coût fixe d'adoption c_0. Ce coût fixe est, semble-t-il, plus élevé au Canada qu'aux États-Unis.

Si la diffusion intra-établissement, I^*, était plus élevée aux États-Unis qu'au Canada, il en résulterait un coût variable d'adoption, c_1, supérieur au Canada. Étant donné que les enquêtes sur les TMP ne donnent aucun renseignement sur les différences de I^* entre le Canada et les États-Unis, on ne peut tirer de conclusion de ce genre.

Supposons par contre que les TMP ne soient pas divisibles à l'infini, mais qu'il existe une condition de production minimale $Kmin = (I^*Q)min$. Dans ce cas, la taille minimale à partir de laquelle une TMP particulière est rentable s'écrit :

$$Q^* = (c_1Kmin) / (r_1-r_2)$$

Dans ce cas, l'écart de taille minimale pour l'adoption des TMP observé entre le Canada et les États-Unis est le résultat des tailles minimales relatives aux TMP elles-mêmes et de coûts variables d'adoption plus élevés au Canada.

Par conséquent, les différences observées d'utilisation des TMP au Canada et aux États-Unis, après correction de la taille, impliquent des coûts fixes ou variables d'adoption plus élevés ici que chez nos voisins du sud. Ces écarts de coût peuvent être dus à bien des facteurs :

- des prix d'achat de l'équipement plus élevés au Canada;
- des frais d'installation plus élevés;
- un régime fiscal moins avantageux pour les investissements
- une aide publique à l'acquisition de technologies nouvelles moins généreuse
- des coûts de planification et d'évaluation plus élevés à cause de liens moins étroits avec les fournisseurs, du niveau de formation plus faible des dirigeants d'entreprises en général ou de structures de gestion moins efficaces
- des coûts d'intégration supérieurs en raison d'une main-d'oeuvre moins bien formée ou de pénuries de main-d'oeuvre qualifiée.

Chacune de ces sources possibles d'écart entre les coûts au Canada et aux États-Unis mériterait d'être examinée. Certaines ont fait l'objet d'études approfondies, d'autres pas. Il se peut que le matériel coûte plus cher au Canada, mais l'Accord de libre-échange devrait réduire cette source d'écart.

Le régime fiscal appliqué aux investissements est au moins aussi favorable au Canada qu'aux États-Unis. Les programmes d'aide publique à l'adoption de technologies de pointe, aux États-Unis, relèvent en grande partie du Département de la défense (voir Ashburn, 1988, pp. 72-73). Il se peut que l'aide publique fournie au Canada soit plus largement répartie mais, jusqu'à une date récente, elle a peut-être visé à favoriser davantage la R-D ou la «création d'emplois» que l'adoption de technologies de pointe.

Les liens avec les fournisseurs, le niveau de formation des dirigeants d'entreprises et des structures de gestion axées sur l'innovation sont souvent cités comme favorisant l'adoption rapide de technologies nouvelles (on en trouve un exemple canadien récent dans Julien et coll., 1988). Les fabricants américains bénéficient peut-être d'une plus grande proximité géographique de même que d'économies d'«agglomération» lorsqu'ils veulent se renseigner sur les TMP. Il convient toutefois de noter que l'hypothèse voulant que l'isolement géographique nuise à l'adoption de nouvelles technologies a reçu relativement peu d'appui sur le plan empirique (voir McFetridge, 1989 et Hicks, 1986, p. 100).

Une main-d'oeuvre bien formée a plus de facilité pour s'adapter aux technologies nouvelles (Bartel et Lichtenberg, 1987). Quant aux pénuries de personnel qualifié, elles ont été mentionnées parmi les obstacles à l'adoption de technologies de pointe au Canada par Munro et Noori (1986) de même que par Betcherman et McMullen (1987). Il reste à voir si ces problèmes sont plus ou moins marqués au Canada qu'aux États-Unis.

Une fois déterminées les sources du handicap dont souffrent les établissements canadiens sur le plan des coûts, il faut passer aux solutions. Des coûts d'adoption moins avantageux peuvent être compensés par une subvention. Cette dernière pourrait peut-être favoriser l'adoption de technologies nouvelles, mais elle risque de ne pas résoudre le problème fondamental, et même de réduire la productivité plutôt que de l'accroître. C'est-à-dire que, si l'adoption de technologies nouvelles est freinée par un désavantage réel sur le plan des coûts, le transfert de ces coûts à un autre secteur ne rend pas l'économie plus productive en soi.

Un certain nombre des causes possibles du handicap auquel sont confrontés les établissements canadiens sur le plan des coûts tiennent non pas au prix des TMP mêmes, mais aux coûts de planification et d'intégration. Pour atténuer cette source de désavantages l'action des pouvoirs publics doit porter sur d'autres secteurs et se manifester dans d'autres juridictions (cas de l'éducation par exemple), les résultats risquant de ne pas être perceptibles avant bien des années.

Les mesures de politique publique susceptibles d'entraîner une hausse du taux d'utilisation des TMP ou des technologies de pointe en général — et, ainsi, d'améliorer la productivité —prennent trois formes. On peut d'abord chercher à internaliser les effets externes éventuels de l'adoption des technologies nouvelles. Des effets externes sont possibles si les établissements qui attendent pour adopter une technologie nouvelle peuvent bénéficier gratuitement de l'expérience acquise par ceux qui les ont précédés dans cette voie ou si les fournisseurs de TMP bénéficient des efforts de commercialisation de leurs concurrents. Les résultats décrits à la section III peuvent indiquer soit que l'expérience transférable gratuitement en matière d'adoption des technologies nouvelles est plutôt limitée, soit que cette expérience est transférée moyennant une contrepartie convenable. Si l'expérience acquise dans l'adoption de technologies nouvelles était transférable d'un établissement à un autre et qu'on puisse en partie se l'approprier, mais non la vendre à des tiers, les entreprises à établissements multiples devraient être davantage enclines à adopter les TMP. Or, ce n'est pas le cas. Cela réduit fortement la possibilité qu'il existe un effet externe de démonstration, au moins dans le cas des TMP.

Le deuxième type de mesure susceptible d'accroître le taux d'utilisation des technologies de pointe afin d'améliorer la productivité consiste à éliminer les restrictions ou les taxes applicables à la fourniture tant de ces technologies que des intrants complémentaires. La question qui se pose ici est de savoir si les TMP ou les intrants complémentaires supportent un fardeau fiscal ou tarifaire disproportionné. L'autre question est de savoir si des restrictions touchant l'immigration, l'entrée dans une province ou l'adhésion à un syndicat font obstacle à l'acquisition du personnel qualifié nécessaire à la mise en place et à l'utilisation des TMP. Il est également possible que les règles syndicales accroissent les coûts d'intégration des nouvelles technologies.

Une troisième façon dont les pouvoirs publics peuvent faire oeuvre utile consiste à améliorer la souplesse et l'adaptabilité des institutions du secteur public. Un exemple évident nous est fourni par le système d'enseignement, auquel on reproche à la fois la médiocrité générale de la formation dispensée et la lenteur de son adaptation aux nouveaux besoins du marché du travail.

Ces trois types de mesures ont pour caractéristique commune de réduire le coût réel de l'adoption des technologies nouvelles. Ces interventions pourraient permettre, dans certains cas, d'éliminer une imperfection du marché. Dans d'autres cas, plus vraisemblables, il s'agirait d'éliminer les distorsions entraînées par d'autres politiques publiques, afin de rendre plus efficace le fonctionnement des institutions existantes du secteur public. Notons que ces changements sont de toute manière souhaitables en soi. Le fait que l'adoption des TMP au Canada semble se faire plus lentement qu'aux États-Unis indique uniquement que des améliorations de ce genre sont possibles : il ne les rend pas plus souhaitables.

Les programmes mis en oeuvre récemment au Canada afin de promouvoir l'adoption des technologies nouvelles visent généralement à subventionner la phase d'évaluation et de mise en oeuvre, en particulier dans les petites et moyennes entreprises. Cela ne fait que déplacer — et non réduire — le coût d'adoption des technologies nouvelles, sans augmentation de la productivité (mesurée comme il se doit). Il vaut mieux s'intéresser aux coûts en ressources (pour la collectivité) de l'adoption des technologies nouvelles. Pourquoi ces coûts semblent-ils être moins élevés aux États-Unis qu'au Canada? Les recherches qui permettraient de répondre à cette question passent par une comparaison des coûts respectifs d'adoption d'une nouvelle technologie déterminée dans des échantillons appariés (même taille, même industrie à trois chiffres) d'établissement canadiens et américains. Une fois déterminées les sources précises d'écart entre les coûts, on pourrait mener un débat éclairé sur les mesures correctives à prendre par les décideurs publics.

Notes

1 L'enquête d'Industrie, Sciences et Technologie (1990a) concluait que plus d'une entreprise avait du mal à trouver au Canada des spécialistes capables d'identifier l'équipement de pointe nécessaire à une mise en oeuvre efficiente et sans heurts (p. 7).

2 L'effet de la taille ou de l'échelle pourrait tenir au coût de l'intégration des technologies nouvelles et existantes dans le cadre du processus de production. Voir Cainarca, Colombo et Mariotti (1989, p. 65).

3 Ces coûts peuvent être de beaucoup supérieurs au prix d'achat de l'équipement. Voir par exemple Miller (1985).

4 Voir Rose et Joskow (1988).

5 Voir Nicol et Hollier (1985).

6 Parmi les études de cas où l'existence d'effets régionaux influant sur l'adoption est explicitement rejetée, citons les travaux de Hicks (1986) et de Nijkamp et Mouwen (1987). D'autres études font apparaître des différences régionales sur le plan de l'adoption, mais elles parviennent à les expliquer par les prix des facteurs (voir Utterback et Kim, 1985).

7 Il existe deux mesures possibles, dont chacune a ses défauts, de l'utilisation des TMP au niveau des industries à trois chiffres. La première est le pourcentage d'établissements, incluant le ième, utilisant une technologie, soit :

$$ITE_i = U / (U+N)$$

L'autre solution consiste à exclure le ième établissement du calcul. On a alors

$$ITE'_i = (U-I) / (U+N)$$

où U = nombre d'utilisateurs dans une industrie à trois chiffres donnée, N = nombre de non-utilisateurs dans une industrie à trois chiffres donnée, et I = 1 si le ième établissement est un utilisateur, zéro autrement. La variable ITE n'a qu'une valeur pour chaque industrie à trois chiffres. Cette valeur est plus élevée si le ième établissement est un utilisateur de TMP que dans le cas contraire. La variable ITE peut prendre deux valeurs pour chaque industrie à trois chiffres. Elle prend la valeur inférieure [(U-1) / (U+N)] si le ième établissement est un utilisateur. Cela implique une corrélation négative entre l'utilisation et ITE au sein de chaque industrie à trois chiffres, qui peut ou non compenser la corrélation positive entre les industries à trois chiffres. L'effet négatif intra-industriel risque d'être prédominant lorsque les écarts d'utilisation sont relativement faibles entre les industries à trois chiffres. Cela se produit à l'occasion. Seuls les résultats obtenus à l'aide de ITE sont présentés dans cette étude.

8 Voici les douze grands groupes : Vêtements, produits de bois, papier et produits connexes, imprimerie et édition, première transformation des métaux, fabrication de produits métalliques, machinerie, matériel de transport, produits électriques et électroniques, produits minéraux non métalliques, produits pétroliers et produits chimiques.

9 Le terme MCS, dans la partie droite de ces tableaux, représente la statistique de test du Chi deux du modèle pour le test du rapport des vraisemblances de signification conjointe (voir Amemiya, 1981, p. 1498). La valeur critique de -2 au niveau de 5 pour cent avec 10 degrés de liberté est de 18,3.

10 L'élasticité-taille de l'adoption est (dP/dS)(S/P) si P représente la probabilité d'adoption et S le taille. Elle est évaluée aux moyennes de P et de S respectivement. Les estimations sont présentées au tableau 9.

11 Au moment où ces travaux statistiques ont été effectués, Statistique Canada n'avait pas élaboré le grand groupe des instruments et produits connexes, qui est utilisé à la dernière section dans les comparaisons Canada-États-Unis. Une bonne partie de l'industrie canadienne des instruments scientifiques figure dans le grand groupe des Autres industries manufacturières, de sorte qu'elle est exclue de notre analyse.

12 Il faut toutefois noter que, lorsque Dunne inclut dans son modèle l'intensité de la R-D au niveau de l'entreprise, sa variable d'établissements multiples devient non significative (1991, tableau 7). Une explication possible de ce résultat est que l'accumulation de compétences technologiques augmente à la fois la probabilité d'existence d'établissements multiples et la probabilité d'utilisation des TMP.

13 Julien et coll. (1988) constatent que les fournisseurs, les foires commerciales et les organismes de recherche sont d'importantes sources d'information. Il existerait donc bel et bien des institutions qui réduisent le coût de l'apprentissage transférable. C'est une autre question de savoir si elles sont aussi bien développées ici que dans d'autres pays.

14 Les variables muettes à trois chiffres et la progression de la part de marché reflètent à elles deux la croissance réelle des établissements. La variable fictive à trois chiffres capte l'effet de la croissance de l'industrie tandis que la progression de la part de marché reflète l'expansion de l'établissement par rapport au reste de l'industrie dont il fait partie.

15 La différence en pourcentage entre les proportions respectives d'établissements utilisateurs est exprimée par $2(P_c-P_u) / (P_c+P_u)$ où P_c représente le pourcentage d'utilisateurs au Canada et Pu le pourcentage d'utilisateurs aux États-Unis.

16 Le fait que l'absence d'application aux activités de l'établissement considéré soit mentionnée plus fréquemment au Canada pourrait aussi être dû aux différences de composition ou de méthode de production dans un

grand groupe donné au Canada et aux États-Unis. Ce facteur pourrait également contribuer à expliquer pourquoi un certain nombre de technologies parvenues à maturité sont beaucoup moins utilisées au Canada qu'aux États-Unis. Cette question est étudiée plus à fond à la section IV.

17 Congrès des États-Unis, Bureau d'évaluation et de prévision technologiques (1990), pp. 152-156.

18 L'enquête faite en Italie vise la fabrication et les produits métalliques, l'ingénierie mécanique, les machines de bureau et les machines de traitement de données, l'ingénierie électrique, les véhicules automobiles et leurs pièces, les autres matériels de transport et l'ingénierie des instruments.

19 Les résultats australiens pourraient également être comparés à ceux obtenus au Canada pour l'ensemble des établissements manufacturiers (Statistique Canada, 1989a). La conclusion selon laquelle les taux d'utilisation sont généralement plus élevés au Canada reste valable.

20 Statistique Canada considère ses coefficients de pondération en fonction des expéditions comme exacts au niveau des trois chiffres et a donc publié les taux d'utilisation des TMP en fonction de ces coefficients (pourcentage des expéditions de l'industrie au niveau des trois chiffres représenté par les établissements utilisant une TMP ou plus, cinq TMP ou plus ou dix TMP ou plus). Voir Statistique Canada (1991a). Malheureusement, les États-Unis n'ont pas publié de résultats pondérés en fonction des expéditions.

21 La différence de composition des deux grands groupes peut se résumer comme suit :

			Poids des établissements en nombre CTI [grand groupe]	
Industrie	Canada	É.-U.	Canada	É.-U.
Aéronefs et pièces	321	372 376	0,234	0,238
Automobiles et pièces	323 324 325	371	0,389	0,509
Matériel ferroviaire roulant	326	374	0,064	0,031
Construction navale et embarcations	327 328	373	0,313	0,222
Total			1,000	1,000

Source : Statistique Canada, *Industries manufacturières du Canada, niveaux national et provincial, 1982*, tableau 4; et Département du commerce des États-Unis, Bureau du recensement, *1982 Census of Manufactures: General Summary Part 2 Industry Statistics by Employment Size of Establishment*, tableau 2.

22 Il s'agit de la différence en pourcentage des moyennes pondérées pour les cinq grands groupes dans chaque pays.

23 Les données présentées au tableau 16 indiquent une différence de 35,6 pour cent entre les taux moyens d'utilisation dans l'ensemble des établissements et un écart de 11 pour cent des taux moyens (pondérés) d'utilisation entre les établissements considérant les technologies comme applicables.

La moyenne simple du pourcentage d'utilisateurs corrigé de la taille, parmi les établissements considérant une technologie comme applicable, est de 30,5 pour cent au Canada. Le chiffre comparable est de 28,7 pour cent aux États-Unis. Ni la différence absolue, ni la différence en pourcentage entre ces deux moyennes n'est statistiquement significative.

24 La libéralisation du commerce extérieur devrait également entraîner, à échelle donnée, une spécialisation plus poussée des usines ou une augmentation de la série moyenne de production. On ne sait pas exactement si cette évolution aurait un effet, ni lequel, sur les conditions économiques d'adoption des TMP. On trouvera un exposé général de cette question dans Gros-Pietro et Rolfo (1989).

Annexe

Facteurs déterminant la date d'adoption optimale

La rentabilité d'un investissement en I unités de capital entrepris au moment t est

$$\Pi (I)_t = \int_t^{\infty} V(I)e^{-rt}\,dt - (S + C(I))e^{-gt} \qquad (1)$$

où

V(I) = flux annuel des quasi-rentes résultant de l'investissement
S = coût de recherche et de rodage
C(I) = coût de l'investissement
r = taux d'actualisation
g = taux annuel de diminution des coûts de recherche, de rodage et d'investissement

L'investissement doit avoir une taille optimale telle que :

$$\partial\Pi / \partial I = (V' I) / r)\, e^{-rt} - C'(I)\, e^{-gt} = 0 \qquad (2)$$

L'expression (2) exprime l'égalité entre, d'une part, la valeur actuelle du flux incrémentiel de quasi-rentes à partir de la date d'installation et, d'autre part, le coût incrémentiel (marginal) de l'investissement à la même date.

La date d'installation optimale est t* telle que :

$$\partial\Pi / \partial t = -V(I)e^{-rt} + g\,(S + C(I))\, e^{-gt} = 0 \qquad (3)$$

L'expression (3) exprime le fait que, à la date d'adoption optimale, la perte de quasi-rentes subie en repoussant d'une période la date d'adoption est exactement égale à l'économie réalisée par la même occasion. L'expression (3) admet une solution explicite donnant la date d'adoption optimale :

$$t^* = (\ln g + \ln (S + C(I)) - \ln V(I)) / (g-r) \qquad (4)$$

Il se peut que la date d'adoption optimale dépende de la taille de l'investissement. Par conséquent :

$$\partial t^* / \partial I = [(C'(I) / (S + C(I)) - V'(I) / V(I)] / (g-r) \qquad (5)$$

L'expression (5) implique que la date d'adoption optimale ne dépend pas de l'ampleur de l'investissement si les rendements à l'échelle du nouveau capital sont constants ($V' / V = C' / C$) et si les coûts de recherche et de rodage (S) sont nuls. En présence de rendements croissants à l'échelle sur le nouveau capital ($V' / V \rangle C' / C$) ou de coûts fixes d'adoption (S) positifs, la date d'adoption optimale est d'autant plus avancée que l'investissement est impor-

tant. Il en résulte que, toutes choses égales par ailleurs, les usines de plus grandes tailles adopteront une nouvelle technologique avant les établissements plus petits.

L'équation (5) signifie aussi que, plus le coût d'une nouvelle technologie diminue vite, moins les différences d'échelle ont d'effet sur la date d'adoption optimale ($\partial 2t^* / \partial 1 \partial g \rangle 0$).

Bibliographie

Amemiya, T., "Qualitative Response Models: A Survey", *Journal of Economic Literature* 19, décembre 1981, pp. 1483-1536.

Ashburn, A., "The Machine Tool Industry: The Crumbling Foundation", dans *Is New Technology Enough?*, D. Hicks (s.l.d.), Washington, American Enterprise Institute, 1981, pp. 19-85.

Australian Bureau of Statistics, *Manufacturing Technology Statistics, Australia, 30 juin 1988, Summary*, Canberra, 1989, Cat. No. 81230.

Betcherman, G. et K. McMullen, *La technologie en milieu de travail. Enquête sur l'automatisation au Canada*, Ottawa, Conseil économique du Canada.

Cainarca, G., M. Colombo et S. Mariotti, "An evolutionary pattern of innovation diffusion. The case of flexible automation", *Research Policy* 18, 1989, pp. 59-86.

Conseil économique du Canada, *Les enjeux du progrès. Innovations, commerce et croissance*, Ottawa, Approvisionnements et Services Canada, 1983.

Dunne, T., *Technology Usage in U.S. Manufacturing Industries: New Evidence from the Survey of Manufacturing Technology*, U.S. Department of Commerce, Bureau of the Census, Center for Economic Studies, Discussion Paper CES 91-7, novembre.

Gros-Pietro, G. et S. Rolfo, 1989, "Flexible Automation and Firm Size: Some Empirical Evidence on the Italian Case", *Technovation* 9, octobre 1985, pp. 493-503.

Hicks, D. 1986, *Automation, Technology and Industrial Renewal*, Washington, American Enterprise Institute.

Industrie, Sciences et Technologie Canada, *Les technologies et les industries de services*, Ottawa, Approvisionnements et Services Canada, no de catalogue C2-133/1990.

_____, *Technology Survey of Canadian Firms*, Ottawa, Approvisionnements et Services Canada, Direction de la politique sur la technologie, 1990a.

Joskow, P. et N. Rose, 1988, *The Diffusion of New Technologies: Evidence from the Electric Utility Industry*, MIT Department of Economics, Working Paper No. 501, Boston, 1988.

Julien, P., J. Carrière et L. Hébert, *La diffusion des nouvelles technologies dans trois secteurs industriels*, Conseil de la science et technologie, Québec, 1988.

Kaplinsky, R., 1983, "Firm Size and Technical Change in a Dynamic Context", *Journal of Industrial Economics* 32, septembre 1983, pp. 39-60.

Lefebvre, L., J. Harvey et E. Lefebvre, "Technology experience and the tech-

nology adoption decisions in small manufacturing firms", *R&D Management* 21, juillet 1991, pp. 241-250.

Lefebvre, L., E. Lefebvre et J. Harvey, *Organizational Assets as Determinants of Advanced Manufacturing Technolo$_o$y Adoption in SME's*, EPM/RT-91/7, École Polytechnique, Université de Montréal, 1991a.

Mansfield, E., "The diffusion of industrial robots in Japan and the United States", *Research Policy* 18, pp. 183-92.

McFetridge, D.G., 1986, "The Timing Mode and Terms of Technology Transfer: Some Recent Findings", dans *Multinational Government and International Technology Transfer*, A. Safarian et G. Bertin (s.l.d.), London, Croom Helm, 1986, pp. 135-152.

McFetridge, D.G., *The Distinguishing Characteristics of Users of New Manufacturing Technologies*, polycopié, Ottawa, 1989.

McFetridge, D.G. et R.J. Corvari, 1985, "Technology Diffusion: A Survey of Canadian Evidence and Public Policy Issues" dans D.G. McFetridge (s.l.d.), *Technology Change in Canadian Industry*, Toronto, University of Toronto Press.

Miller, S., 1985, "Industrial Robotics and Flexible Manufacturing Systems" dans *The Management of Productivity and Technology in Manufacturing*, P. Kleindorfer (s.l.d.), New York, Plenum, 1985, pp. 9-53.

Munro, H. et H. Noori, 1986, "Reflecting Corporate Strategy in the Decision to Automate: The Case of Canadian Manufacturing Companies", *Business Quarterly*, mars 1986, pp. 115-20.

Nijkamp, P. et A. Mouwen, 1987, "Knowledge Centres, Information, Diffusion and Regional Development" dans *The Spatial Impact of Technical Change*, J. Brotchie, P. Hall et P. Newton (s.l.d.), London, Croom Helm, 1987.

Ray, G., 1989, "Full circle: The diffusion of technology", *Research Policy* 18, 1989, pp. 1-18.

Statistique Canada, *Enquête sur les technologies manufacturières*, juin 1987, Rapport final, no de catalogue 88-03-15, Ottawa, 1988.

_____, *Enquête sur les technologie manufacturières* - 1989 -Tableaux statistiques, no de catalogue ST-89-10, Ottawa, 1989a.

_____, *Statistique des sciences*, Bulletin de service, vol. 13, no 9, octobre 1989b.

_____, *Statistique des sciences*, Bulletin de service, vol. 13, no 10, octobre 1989c.

_____, *Industries manufacturières du Canada*, 1987, no de catalogue 31-203, Ottawa, 1989d.

_____, *Les indicateurs de l'activité scientifique et technologique*, 1989, vol. 1, no 4, no de catalogue 88-002, Ottawa, 1991.

_____, *Les indicateurs de l'activité scientifique et technologique*, 1990, vol. 2, no 3, no de catalogue 88-002, Ottawa, 1991a.

United States Congress, Office of Technological Assessment and Forecast, *Making Things Better*, Washington, U.S. Government Printing Office, 1990.

United States Department of Commerce, Bureau of the Census, *Manufacturing Technology, 1988*, Cat. No. SMT(88)-1), Washington, U.S. Government Printing Office, 1989.

Utterback, J. et L. Kim, 1985, "Invasion of a Stable Business by a Radical Innovation" dans *The Management of Productivity and Technology in Manufacturing*, Kleindorfer, P. (s.l.d.), New York, Plenum, 1985, pp. 113-115.

Groupe Communication Canada Édition

Canada Communication Group Publishing

ISBN 0-660-93942-8

9 780660 939421